

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені Ігоря Сікорського»**

**ІНЖЕНЕРНО-ХІМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

(повна назва інституту/факультету)

**Кафедра автоматизації хімічних виробництв**

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ А.І. Жученко  
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

**Дипломний проект**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**з напрямку підготовки 6.050202 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології**

на тему: Автоматизація процесу одержання ацетилену

Виконав студент 4 курсу, групи ЛА-52

\_\_\_\_\_ Бушмакін Богдан Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ к. т. н., доцент Ковалюк Д.О.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант Охорона праці \_\_\_\_\_ к. т. н., доцент Ковтун І.М.

(назва розділу)

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проекті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2019 року

## Додаток Д.2. ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

№ з/п	Формат	Позначення			Найменування	Кількість листів	Примітка	
1	A4				Завдання на дипломний проект	2		
2	A4	ДП ЛА52.03. 00.000 ПЗ			Пояснювальна записка	59		
3	A4	ДП ЛА52.03. 00.000			Д.1. Специфікація устаткування, виробів, матеріалів	8		
4	A4	ДП ЛА52.03. 00.000.00			Д.2. Відомість дипломного проекту	1		
5	A1	ДП ЛА52.03. 01.000 СхА			Схема автоматизації функціональна	1		
6	A2	ДП ЛА52.03. 02.000 СхЕ			Принципова електрична схема дистанційного керування електродвигунами	1		
7	A2	ДП ЛА52.03. 03.000 СхЕ			Монтажно-комутаційна схема до системи дистанційного керування та технологічних блокувань	1		
	</							

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»  
ім. І. Сікорського**

Інститут (факультет) Інженерно-хімічний факультет  
(повна назва)

Кафедра Автоматизації хімічних виробництв  
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки 6.050202 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ А.І. Жученко  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на дипломний проект студенту**  
Бушмакіну Богдану Володимировичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Автоматизація процесу одержання ацетилену,  
керівник проекту Ковалюк Дмитро Олександрович, к. т. н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «12» травня 2019 р. № 1525

2. Термін подання студентом проекту \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту система керування, що забезпечує задані часові показники якості процесу керування

4. Зміст пояснювальної записки

Аналіз процесу виділення ацетилену; розробка схем автоматизації процесу; математичне моделювання холодильника газу; синтез та дослідження системи керування холодильником газу; програмування контролера МІК-51; охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) Схема автоматизації процесу отримання ацетилену, принципова електрична схема дистанційного керування електричних двигунів, монтажньо-комутаційна схема до системи дистанційного керування та технологічних блокувань.

#### 6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун І.М., доцент		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Аналіз процесу виділення ацетилену	1.04.2019	
2	Розробка схеми автоматизації	08.04.2019	
3	Отримання математичної моделі холодильника газу	20.04.2019	
4	Дослідження статичного і динамічного режимів об'єкта керування	23.04.2019	
5	Синтез системи керування	06.05.2019	
6	Розробка креслень	25.05.2019	
7	Охорона праці	03.06.2019	

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Бушмакін Б.В.  
(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Ковалюк Д.О.  
(ініціали, прізвище)

## Реферат

Дипломний проект виконано на тему «Автоматизація процесу одержання ацетилену». Проект складається з пояснювальної записки на 59 сторінок та 3 аркушів креслень. На кресленнях представлено: схему автоматизації, принципову електричну схему дистанційного керування і аварійного захисту електричних двигунів, монтажно-комутаційну схему до системи дистанційного керування та технологічних блокувань.

Метою проекту є забезпечення нормального функціонування процесу одержання ацетилену за рахунок впровадження засобів автоматизації та розробки системи керування.

В розділах пояснювальної записки виконаний аналіз технологічного стану виробництва; розроблено основні рішення з автоматизації; отримано математичну модель холодильника; розраховано систему керування холодильником. Досліджено перехідні процеси в замкнутій системі з ПД-регулятором, отримано параметри регулятора, що забезпечують задані значення тривалості перехідного процесу та налаштовано мікроконтролер МІК-51.

Виконано аналіз основних вимог з охорони праці.

*Ключові слова:* ацетилен, автоматизація, ПД-регулятор, система керування, МІК-51.

## Abstract

The diploma project is executed on the topic "Automation of Acetylene Production Process". The project consists of an explanatory note on 59 pages and 3 sheets of drawings. The drawings are: automation scheme, principle electric circuit for remote control and emergency protection of electric motors, installation and switching circuit for remote control system and technological locks.

The purpose of the project is to ensure the normal functioning of the acetylene production process through the introduction of automation and control system development.

In the sections of the explanatory note an analysis of the technological state of production was made; basic automation solutions are developed; the mathematical model of the refrigerator is obtained; the refrigerator control system is calculated. Transient processes in a closed system with a PID regulator are investigated, parameters of the regulator are provided that provide the set values of the transient time duration and the microcontroller MIK-51 is configured.

An analysis of the basic requirements for occupational safety has been carried out.

**Key words:** acetylene, automation, PID-regulator, control system, MIK-51.

## Зміст

Вступ.....	4
1.Аналіз виробництва ацетилену .....	5
1.1. Властивості та застосування ацетилену .....	5
1.2. Методи отримання ацетилену.....	7
1.3. Результати патентного пошуку методів отримання ацетилену .....	14
1.4. Постановка задачі автоматизації.....	15
2.Автоматизація процесу одержання ацетилену.....	17
2.1. Аналіз основних параметрів виробництва .....	17
2.2. Розробка схеми автоматизації.....	20
2.3. Розробка схеми технологічної сигналізації та аварійного захисту.....	23
2.4. Розробка монтажно-комутаційної схеми.....	25
3. Математичне моделювання холодильника газу .....	26
3.1. Моделювання статичного режиму .....	26
3.2. Моделювання динамічного режиму.....	30
4. Синтез та дослідження системи керування холодильником газу .....	33
4.1. Аналіз показників якості системи керування.....	33
4.2. Розрахунок параметрів регулятора методом М-кола .....	36
4.3. Синтез системи керування засобами Control System Toolbox.....	38
4.4. Моделювання системи керування в Simulink .....	39
5. Програмування контролера МІК-51 .....	43
5.1. Переваги застосування контролерів в технологічних процесах .....	43
5.2. Класифікація та вибір контролера.....	44
5.3. Програмування контролера.....	47
6. Охорона праці .....	53
6.1. Виробниче освітлення .....	54
6.2. Виробничий шум.....	55

					ДП ЛА52.03.00.000ПЗ		
Змн	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Бушмакін Б.В.				Автоматизація процесу виділення ацетилену	Лім.	Арк.
Перевірив	Ковалюк Д.О.						2
					Пояснювальна записка	НТУУ “КПІ” ІХФ	
Н.Контр.							
Затвердив	Жученко А. І.					62	

6.3. Хімічний склад робочої зони .....	56
6.4. Ураження електричним струмом.....	57
6.5. Пожежна безпека.....	59
Висновок .....	61
Література .....	62
Додаток 1.....	63



## Вступ

Вивчення процесу одержання ацетилену з газів крекінгу метану абсорбцією диметилформамідом є основною метою даного дипломного проекту.

Ацетилен має найвагоміше промислове значення з усіх ацетиленових вуглеводнів і є важливою хімічною сировиною. При горінні ацетилену виділяється багато тепла, тому він широко застосовується при автогенному зварюванні і різанні металів. На це витрачається до 30% усього виробленого ацетилену. Крім того, ацетилен набув широкого використання у хімічній промисловості, машинобудуванні, металообробці.

У кінці 19-го – початку 20-го ст. поширеними були ацетиленові світильники, де джерелом ацетилену слугував дешевий карбід кальцію, вони були розповсюджені у залізничному та водному транспорті, для освітлення вулиць, а також у побуті.

Новизною дипломного проекту є створення нової схеми автоматизації процесу одержання ацетилену з газів крекінгу метану абсорбцією диметилформамідом. Для розробки схеми автоматизації впроваджено лише сучасне устаткування та технічні засоби автоматизації, що забезпечать максимальну точність та економічність. Для якісної роботи системи керування розраховані параметри налаштування регуляторів.

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1. Аналіз виробництва ацетилену

### 1.1. Властивості та застосування ацетилену

У 1836 році ацетилен вперше був отриманий Едмундом Деві шляхом нагрівання оксидного калію з деревним вугіллям і наступною реакцією з водою утвореного карбіду калію. Деві назвав свій газ «двокарбонним воднем». А вже у 1863 році французький хімік М. Бертло отримав ацетилен шляхом пропускання водню над розжареним електричною дугою графітовими електродами, і саме він назвав газ ацетиленом. Велику роль у вивченні даного газу та його похідних мали роботи А. Є. Фаворського.

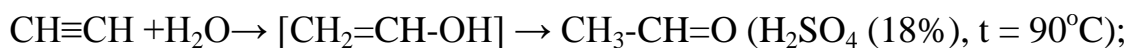
Ацетилен – газ без кольору та запаху, володіє слабкою наркотичною дією, також він малорозчинний у воді і дуже добре розчиняється в ацетоні. Його зберігають у вигляді ацетонового розчину в сталевих балонах, які заповненні будь яким інертним пористим матеріалом. Слід зазначити, що суміші ацетилену з повітрям – вибухонебезпечні. Фізичні властивості газу наведемо у таблиці 1.1:

Таблиця 1.1 – Фізичні властивості ацетилену

Молекулярна формула	$\text{CH}\equiv\text{CH}$ ( $\text{C}_2\text{H}_2$ )
Молярна маса, г/моль	26
Густина, г/л	1,08696
Температура плавлення, °C	-80,8
Температура кипіння, °C	-83,6

При сильному охолодженні переходить відразу у білу кристалічну речовину. При стисненні газ розкладається з вибухом. На повітрі ацетилен горить кіптявим полум'ям, а в атмосфері кисню – сліпучо-яскравим полум'ям з виділенням значної кількості тепла. Ацетилен є ненасиченою сполукою, тому для нього характерні реакції приєднання, що протікають по нуклеофільному механізму, такі як:

- гідрування



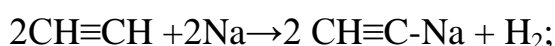
- галогенування



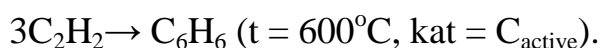
- гідрогалогенування



Крім того, ацетилен здатний утворювати солі при взаємодії з активними металами і оксидом срібла:



Також він здатний трімерізуватись:



В хімічній промисловості ацетилен застосовується в процесах органічного синтезу, близько 70% виробленого продукту, для виготовлення штучних волокон, пластмаси, каучуку, органічного скла, лаків, вибухових речовин, розчинників, спиртів, оцтової кислоти.

Також даний продукт широко використовується в машинобудуванні та у при металообробці. Газове зварювання є одним з основних процесів, де застосовується ацетилен. Велика перевага ацетилену в відновному ефекті газового зварювання, який легко регулювати та контролювати. Обробка газовим зварюванням із застосуванням ацетилену характеризується здатністю стикування зазорів, для цього шви майже не потрібно підготовлювати це дуже зручно при зварюванні країв без чіткої фіксації. Ацетилен підходить для газового зварювання пластмас, зокрема, для ремонту бамперів автомобілів. Це ідеальний газ для застосування в процесах термічної різки. Він використовується для пайки тверди припоєм, що дає можливість з'єднувати матеріали як одного типу так і різних. Вогнева очистка з використанням ацетилену застосовується, якщо для подальшої обробки потрібна чиста металічна поверхня, корозія і різні види окалини ефективно видаляються за допомогою цього способу.

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

В процесах напилення, для покриття металічних і неметалічних матеріалів. Матеріал для напилення, дріт або порошок розплавлюється киснево-ацетиленовим вогнем і напилюється на попередньо оброблену деталь стисненим повітрям чи іншим газом. Висока температура полум'я дозволяє розпалити матеріал з високою точкою плавлення, такий як у молібдена і виготовляти зносостійкі покриття, наносити антикорозійні покриття з цинку, алюмінію, міді, чи сталі. Ацетилен також застосовують для нанесення відтвореного вуглеводного покриття на внутрішню поверхню форм для виготовлення скляних судів, що суттєво підвищує якість виробів і зменшує кількість бульбашок всередині шару скла.

Описані вище приклади використання далеко не повністю описують можливості ацетилену, з якого можна отримати в рази більше різних сполук. Не випадково річний виробіток даного продукту перевищує 5млн тон, з них 70% використовуються для промислового органічного синтезу, а 30% - для зварювання і різки металів.

## 1.2. Методи отримання ацетилену

Ацетилен виробляють у значних масштабах, так як його широко використовують у промисловому синтезі.

При одержанні ацетилену розкладом парафінових вуглеводнів утворюються дуже складні газові суміші, але вміст в них потрібного газу дуже мало, приблизно 7 – 12%.

Для виділення ацетилену використовують сорбційні методи розділення газів, тобто, абсорбцію або гіперсорбцію в поєднанні з абсорбцією. Для абсорбції ацетилену з газової суміші можна використати різноманітні органічні розчинники, в тому числі і воду. Процес сорбції проводять під підвищеним тиском.

В таблиці 1.2 наведено розчинності ацетилену у інших рідинах, таких як: насичений водний розчин NaCl, вапняне молоко, бензин, етиловий спирт, ацетон, диметилформамід.

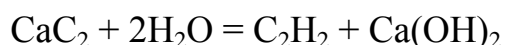
					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Розчинність ацетилену у інших рідинах

Розчинник	Температура, °С	Розчинність ацетилену
Насичений водний розчин NaCl	25	0,32
Вапняне молоко	15	0,75
Бензин	16	5,7
Етиловий спирт	19	6,0
Ацетон	15	25
Диметилформамід	20	33 – 37

Отже, як видно з таблиці найбільшу розчинювальну здатність по відношенню до ацетилену має саме диметилформамід, тому для детального вивчення і автоматизації був обраний саме метод одержання ацетилену з газів крекінгу метану абсорбцією диметилформамідом.

В лабораторних умовах ацетилен отримують взаємодією води на карбід кальцію.  $\text{CaC}_2$ , карбід кальцію дуже енергійно взаємодіє з водою, для сповільнення реакції на практиці можна використовувати насичений розчин повареної солі, в такому випадку реакцію протікає спокійніше. Дослід проходить наступним чином: наливаємо з крапельної пробірки розчин хлориду натрію в колбу з карбідом кальцію, спостерігаємо виділення газу, це – ацетилен. Другим продуктом реакції є гідроксид кальцію.



Даний метод має ряд технічних переваг, ацетилен виходить концентрованим – 99,9%, що виключає необхідність його виділення з реакційних газів і спеціальної очистки. Карбід кальцію можна легко транспортувати, тому райони його виробництва можуть бути віддаленні від місць виготовлення і використання ацетилену. Потужність цехів по виготовленню карбіду кальцію досягає 600 тис. т на рік.

З 50 – х років розробляється і розвивається процес отримання ацетилену, оснований на піролізі вуглеводнів. Процес полягає в розкладанні і різних перетвореннях вихідних вуглеводнів за температури вище 1300°C в адіабатич-

них умовах за час 0,005 – 0,02с. Протягом цього часу необхідно нагріти сировину, провести цільову хімічну реакцію і охолодити вихідні продукти до температури 700°C. В якості сировини для отримання ацетилену можуть бути використанні будь які вуглеводні і їх суміші, але встановлено, що хімічний склад сировини істотно впливає на вихід потрібного продукту. Найбільший вихід отримується при піролізі парафінів нормальної будови. Найменш придатні – ароматичні вуглеводні, тому що при їх розкладанні великий вихід саж і смоли. Енергомісткість процесу залежить від молекулярної маси початкових вуглеводнів: чим вища молекулярна маса, тим нижча оптимальна температура.

Розрізняють наступні технологічні схеми піролізу в залежності від способу подачі теплоти в реакційну зону.

*Регенеративний метод піролізу.* Процес протікає на стаціонарній чи рухомій вогнетривкій насадці. Насадка періодично чи постійно нагрівається паливним газом до 1800 - 2000°C. Після перебігу екзотермічних реакцій піролізу насадка охолоджується до 800-900°C. Далі її теплоту використовують підігріву вуглеводнів, повітря чи паливного газу. Процес протікає при низькому загальному тискові. Для зниження парціального тиску вихідну сировину розбавляють водяною парою чи зворотними газами. Циклічний характер процесу і різноманіття реакцій ускладнюють характер роботи і розрахунок регенеративної печі, через відсутність загартування тут важко витримати заданий час реакції.

*Піроліз в трубчастих печах.* В даному випадку підігріті вуглеводні пропускають через труби, що обігріваються ззовні продуктами згоряння паливного газу. Теплообмін відбувається через стінку, тому необхідно слідкувати за рівномірністю прогрівання труб і застосовувати конструкційні матеріали підвищеної жаростійкості і міцності. У порівнянні з регенеративними процесами тут є наступні переваги: можна створити неперервний процес і отримувати більш концентровані гази, так як вони не розбавляються продуктами згоряння. Але даний метод не отримав істотного розвитку через відсутність жаростійких матеріалів і складності конструювання подібних печей.

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

*Гомогенний піроліз* в потоці газоподібного носія. В такому випадку вуглеводні вдувають в струмінь горючих продуктів згоряння паливного газу. Вуглеводні і теплоносії змішуються безпосередньо в середовищі реакції. Висока теплова напруга в реакційній зоні дозволяє створювати відносно малогабаритні реактори з високою продуктивністю по сировині.

*Електрокрекінг газоподібних вуглеводнів.* При запалюванні електричного розряду в середовищі газоподібних вуглеводнів відбувається розщеплення молекул на радикали, рекомбінація яких приводить до утворення ацетилену, його гомологів, сажі, водню і невеликої кількості етилену. Електрокрекінг природного газу широко застосовується в промисловості.

*Піроліз занурювальним горінням.* В такому випадку відбувається безпосередній контакт рідких вуглеводнів з продуктами згоряння, що утворюються в занурювальному пальнику.

*Окислювальний піроліз горінням.* При окислювальному піролізі теплота, яка необхідна для проведення ендотермічної реакції утворення ацетилену, виходить в результаті спалювання частини початкової сировини в атмосфері кисню. Окислювальний піроліз метану являє собою суму паралельних і послідовних реакцій. При оптимальному часі утворення ацетилену рівняння балансу має наступний вид:



Стехіометричні коефіцієнти цього емпіричного рівняння залежать від умов підігріву, відношення  $\text{O}_2 : \text{CH}_4$ , складу сировини, конструктивних особливостей реактора, втрат теплоти в зоні закалювання, можливості утворення сажі. Процес окислювального піролізу найбільш розповсюджений в порівнянні з іншими методами отримання ацетилену з вуглеводнів. Розроблені реактори, які здатні виготовляти 5000 – 8500 тон ацетилену в рік. В промисловому масштабі широко використовуються реактори, що працюють на попередньо підготовлених сумішах природного газу і кисню. Також конструкції різного різняться методами стабілізації і відриву полум'я.

У дипломному проекті розглядається метод одержання ацетилену з газів крекінгу метану абсорбцією диметилформамідом. На рисунку 1.2 наведена технологічна схема процесу.

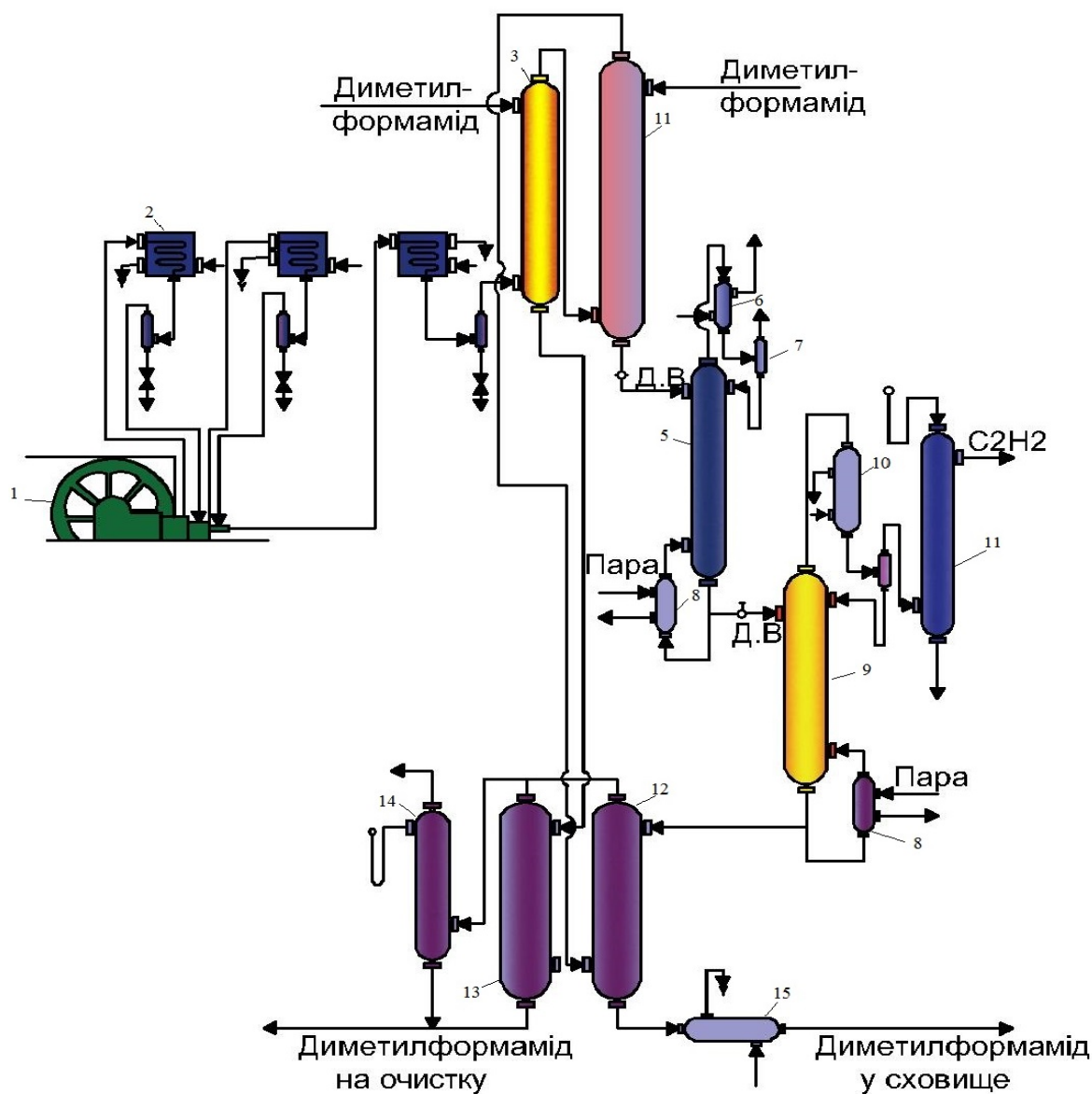


Рисунок 1.1 - Технологічна схема процесу

Гази крекінгу метану після очищення від смол, сажі і сірчистих сполук стискуються компресором 1 до тиску 1МПа та охолоджуються в холодильниках 2 до 38°C. Стиснутий газ при цій температурі надходить в насадочний абсорбер 3, зрошуваний незначною кількістю диметилформаміду. В цьому абсорбері розчинник вбирає в першу чергу увесь діацетилен, що міститься в газі і невелику кількість ацетилену.



Звільнені від діацетилену газу надходять в насадочний абсорбер 4, в якому ацетилен добувається з газів диметилформамідом, що надходить на зрошування в достатній кількості.

Крім ацетилену, в диметилформаміді розчиняються в рівноважних кількостях й інші газу. Газу, що виходять з верхньої частини абсорбера 4, містять CO, H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> та ін.

Насичений ацетиленом диметилформамід перетікає в стабілізатор 5, що має кипятильник. У нижній (кубовій) частині стабілізатора рідина підігрівається до 87°C, в результаті чого з неї виділяються розчинені газу, в тому числі і ац-етилен. Ці газу разом з парами диметилформаміду проходять через конденсатор-холодильник 6, в якому пари розчинника скраплюються, причому ацетилен розчиняється в конденсаті. Рідину (диметилформамід + розчинений в ньому ацетилен) відокремлюють у сепараторі від менше розчинних газів (CO, H<sub>2</sub> та ін.) і повертають в стабілізатор 5. Таким способом з диметилформаміду видаляються майже всі газу, крім ацетилену і метилацетилену. Оскільки для досягання досить високого ступення очищення доводиться видаляти разом з цими газами і деяку кількість ацетилену, газу з сепаратора після їх відмивки водою слідів розчинника в скрубєрі (на схемі не показано) знову направляють у вбирну систему.

Виділення ацетилену з диметилформаміду провадять у десорбері 9, який працює при атмосферному тискові. У кубовій частині десорбера, який має кип'ятильник, рідина нагрівається до 120°C. При цій температурі увесь ацетилен виділяється з розчину, в той час як основна кількість більш розчинного метилацетилену залишається в рідині. Ацетилен у суміші із значною кількістю метилацетилену і парами диметилформаміду надходить в конденсатор-холодильник 10. Пари диметилформаміду конденсуються, і в конденсаті розчиняється метилацетилен.

Рідина (диметилформамід + розчинений в ньому метилацетилен) відокремлюється в сепараторі від ацетилену і повертається в десорбер 9. Ацетилен, що виходить з сепаратора відмивають водою від слідів диметилформамі-

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ду в скрубєрі 11 і направляють на переробку. Гази, що відходять з абсорбера 4, розділяють на два потоки.

Приблизно 90% відхідних газів (за об'ємом) направляють в десорбер 13, зрошуваний диметилформамідом, що витікає з абсорера 3. Другий потік газів (близько 10% всього об'єму) направляють в десорбер 12, зрошуваний диметилформамідом, що витікає з десорбера 9. В десорберах 12 і 13 газ витісняє з диметилформаміду розчинені в ньому діацетилен та ацетилен. Більш чистий диметилформамід, що виходить з десорбера 12, після охолодження в холодильнику 15 може бути повернутий у процес. Більш забруднений диметилформамід з десорбера 13 змішують з водою промивних скрубєрів і направляють на очищення від домішок. Для очищення і відокремлення води застосовується агрегат, що складається з випарного апарата та двох ректифікаційних колон.

Ацетилен, який ми отримуємо в генераторах розкладом карбїду кальцію водою, відзначається високою концентрацією, ще великою перевагою є те, що очищення його від домішок не складне і не викликає ніяких труднощів. Але при організації великогабаритних ацетиленових станцій, що працюють за карбїдним методом потрібне ще й одночасне будівництво великих і енергоємних установок для того, щоб виробляти карбїд кальцію. Також на одержання карбїду витрачається не мала кількість сировини коксу, антрациту негашеного вапна. Наприклад, на 1 тону карбїду кальцію, при розкладі якого ми можемо отримати приблизно  $250\text{м}^3$  ацетилену потрібно 0,5 тон коксу або антрациту і 0,95 тон негашеного вапна, а витрата електроенергії становить до 3000квт-год/т. Тому одержання ацетилену з вуглеводнів у техніко– економічному відношенні являється більш прогресивним, ніж карбїдний метод

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

### 1.3. Результати патентного пошуку методів отримання ацетилену

Метод отримання ацетилену з метану і інших газоподібних вуглеводнів. Заявлено 22 лютого 1960р. за №655844/23 в комітет по справам винаходів і відкриттів при Раді Міністрів СРСР. Опубліковано в «Бюллетене изобретений» № 24 за 1961р.

Відомий спосіб отримання ацетилену із метану в електричному розряді під вакуумом з використанням високотемпературного дугового розряду 1600-1800°C і без застосування в розрядному контурі конденсаторів і дроселів. При цьому одночасно з утворенням ацетилену відбувається його розпад і розпад метану і проходить ряд побічних реакцій, зокрема, реакцій, що ведуть до утворення сажі.

Виділення сажі в розрядній зоні значно ускладнює роботу і робить важкою саму технологію отримання ацетилену.

Відома також модифікація електрокрекінга природних вуглеводнів, що заснована на застосуванні тихого електричного розряду при низькій температурі. Недоліком даного способу є те, що за один прохід через реактор лише незначна кількість метану перетворюється в ацетилен і виділяється значна кількість сажі. В зв'язку з цим такий процес проводять в серії послідовно встановлених реакторів, які працюють по вище сказаному способі.

Запропонований новий спосіб отримання ацетилену з метану і інших газоподібних вуглеводнів в електричному розряді змінного струму при низькій температурі до 500°C має ряд переваг перед описаними вище способами і полягає в тому, що ціллю отримання газу з великим відсотком ацетилену без сажі, процес проводять при атмосферному тискові в зоні електричного розряду, в якому фазові зміни струму згладжуються шляхом включення паралельно до розрядного проміжку ємності, а напруга збільшується за рахунок створення контуру резонансу напруг.

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

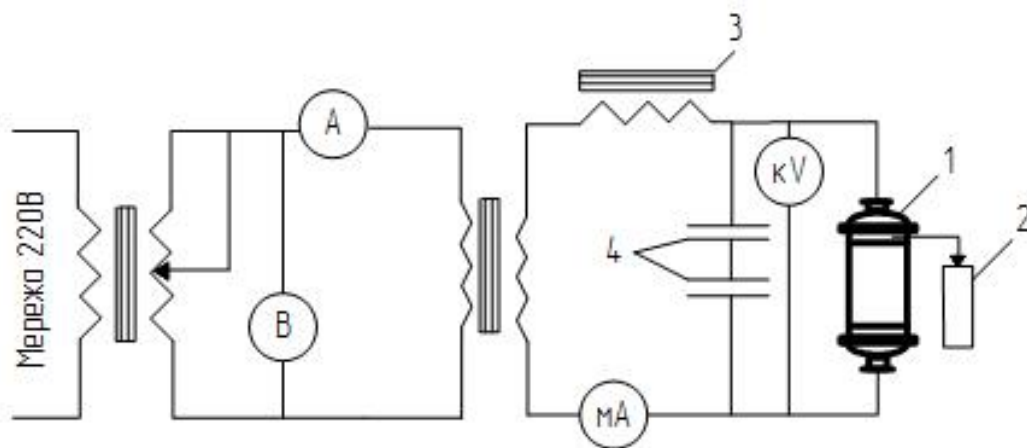


Рисунок 1.2 – Технологічна схема отримання ацетилену

В скляний реактор 1, який оснащений двома електродами, один з яких маленький стержень, а інший – трубка, приєднана до пастки 2 подають тангенціально до бокової поверхні газ, що містить метан і інші вуглеводні. Одночасно на електроди подають струм високої напруги, після виникнення газового розряду на електродах утворюється напруга 10000-16000В. Задану різницю потенціалів підтримують за допомогою дроселя 3 і конденсаторів 4, за рахунок яких згладжуються також фазові коливання струму. Відстань між електродами підтримують не менше 20мм.

При цьому отримують суміш газів, яка містить 15-18% ацетилену. В складі отримуваного газу 50-65% водню і близько 17-35% метану, що не прореагував.

#### 1.4 Постановка задачі автоматизації

Технологічний процес отримання ацетилену з вуглеводнів є складним об'єктом і для його ефективного функціонування необхідно підтримувати усі задані параметри протікання процесу. Для попередження будь яких відхилень від норм потрібен постійний контроль параметрів процесу за допомогою регулюючих та контрольно-вимірювальних приладів, які ми об'єднали в систему керування.

Метою даного дипломного проекту є розробка системи автоматичного керування холодильником газу у процесі виділення ацетилену з газів крекінгу метану абсорбцією диметилформамідом та розробки схеми автоматизації контролю та керування всього процесу.

Розробленні система керування та схема автоматизації зможуть забезпечити:

- мінімальні енергозатрати на усіх етапах виробництва;
- досягнення вищого рівня надійності та контролю процесу;
- отримання більш якісного вихідного продукту;
- вдосконалення дистанційного керування процесу на усіх його стадіях;
- зведення до мінімуму виникнення аварійних ситуацій на виробництві.
- стабілізація заданих режимів технологічного процесу шляхом вимірювання значень технологічних параметрів, їх обробки, візуального представлення, і видачі керуючих впливів в режимі реально часу на виконавчі механізми, як в автоматичному режимі, так і в результаті дій технолога-оператора;
- забезпечення адміністративно-технічного персоналу виробництва необхідною інформацією з технологічного процесу одержання ацетилену для вирішення завдань контролю, обліку, аналізу, планування та управління виробничою діяльністю.

Першим кроком для вирішення поставлених задач потрібно визначити режимні параметри, які є визначальними у процесі і задають потрібний технологічний режим. Також важливим є визначення параметрів регулювання, граничних значень параметрів для спрацювання систем сигналізації і технологічних блокувань.

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

## 2. Автоматизація процесу одержання ацетилену

### 2.1. Аналіз основних параметрів виробництва

Після детального аналізу процесу та усіх особливостей виробництва в цілому слід передбачити автоматичний контроль наступних параметрів:

- тиск газу на вході у холодильники повинен становити 1МПа;
- температуру на виході холодильників газу не вище 38°C;
- підтримувати температуру 87°C у нижній кубовій частині стабілізатора;
- рідину у кубовій частині десорбера нагріти до 120°C;
- концентрацію вихідного продукту – ацетилену на виході з сепаратора – 99%;

Більш детальні результати повного аналізу наведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Параметри контролю виробництва

№ Конт.	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування контрольованого параметру	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	Трубопровід, газу крекінгу метану	Тиск	1МПа	Контроль, сигналізація
2,3,4	Трубопровід, газу крекінгу метану	Температура	38 °C	Контроль, регулювання
5	Трубопровід, диметилформамід	Витрата	—	Контроль, регулювання

6	Трубопровід, газ, звільнені від діа- цетилену	Витрата	—	Контроль, регулювання
7	Трубопровід, ди- метилформамід	Температура	—	Контроль, сигналізація
8	Трубопровід, аце- тилен у суміші із метилацетиленом і парами диметил- формаміду	Витрата	—	Контроль, регулювання
9	Трубопровід, вода	Витрата	—	Контроль, регулювання
10	Трубопровід, ди- метилформамід	Температура	87 °С	Контроль, регулювання
11	Трубопровід, ди- метилформамід	Витрата	—	Контроль, регулювання
12	Трубопровід, пара	Витрата	—	Контроль, регулювання
13	Трубопровід, аце- тилен	Концентрація	99,5 – 99,9%	Контроль, сигналізація
14	Трубопровід, ди- метилформамід	Витрата	—	Контроль, регулювання
15	Трубопровід, ди- метилформамід	Температура	35 °С	Контроль, регулювання

16	Трубопровід	Тиск	1,0 – 1,1 МПа	Контроль, сигналізація
17	Трубопровід, ацетилен у суміші із метилацетиленом і парами диметилформаміду	Температура	120 °С	Контроль, регулювання
18	Трубопровід	Тиск	—	Контроль, сигналізація
19	Трубопровід	Тиск	—	Контроль, сигналізація
20	Трубопровід	Тиск	—	Контроль, сигналізація
21	Трубопровід	Тиск	—	Контроль, сигналізація



## 2.2.Розробка схеми автоматизації

Розроблена схема автоматизації містить ряд контурів контролю і сигналізації. Зокрема, контури контролю та керування витрат, температури, концентрації та тиску.

**Контур 1** забезпечує контроль і сигналізацію тиску газів крекінгу метану у трубопроводі та включає: вимірювальний тензоперетворювач надлишкового тиску (1-А); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з вмонтованим пристроєм, що має функцію сигналізації (1-Б); лампу електричну сигнальну лампу жовтого кольору (НЛ1);

**Контури 2, 3, 4** застосовуємо для контролю та регулювання температури газів крекінгу метану на виході з холодильників газу та включають наступні прилади: термоперетворювач типу ТСПУ (2-А),(3-А),(4-А) відповідно; вторинний прилад автоматичний показувальний і реєструвальний пристрій на позиціях (2-Б),(3-Б),(4-Б); мікропроцесорний регулятор(2-В),(3-В),(4-В); регулюючий електронний клапан (2-Г),(3-Г),(4-Г).

**Контур 5** використовуємо для контролю та регулювання витрати диметилформаміду на вході у абсорбер, він включає в себе: витратомір – діафрагма камерна (5-А); тензоперетворювач різниці тиску з квадратичною функцією перетворення (5-Б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (5-В); мікропроцесорний регулятор співвідношення (5-Г); регулюючий електронний клапан (5-Д).

**Контур 6** забезпечує контроль та регулювання витрати газів, звільнених від діацетилену, що надходять у абсорбер та включає: витратомір – діафрагма камерна (6-А); тензоперетворювач різниці тиску з квадратичною функцією перетворення (6-Б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (6-В); мікропроцесорний регулятор співвідношення (6-Г); регулюючий електронний клапан (6-Д).

**Контур 7** здійснює контроль температури на виході з стабілізатора, оснащений технологічною сигналізацією та включає: ТО типу ТСМУ(7-

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

А);автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (7-Б); лампу електричну сигнальну червоного кольору (HL4);

**Контур 8** забезпечує контроль та регулювання витрати ацетилену у суміші із метилацетиленом і парами диметилформаміду на вході у конденсатор-холодильник та включає: витратомір – діафрагма камерна (8-А); тензоперетворювач різниці тиску з квадратичною функцією перетворення (8-Б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (8-В); мікропроцесорний регулятор співвідношення (8-Г); регулюючий електронний клапан (8-Д).

**Контур 9** здійснює контроль та регулювання витрати води на вході у конденсатор-холодильник та містить: витратомір – діафрагма камерна (9-А); тензоперетворювач різниці тиску з квадратичною функцією перетворення (9-Б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (9-В); мікропроцесорний регулятор співвідношення (9-Г); регулюючий електронний клапан (9-Д).

**Контур 10** забезпечує контроль та керування температури диметилформаміду на виході з десорбера та включає:термоперетворювач типу ТСПУ (10-А); вторинний прилад автоматичний показувальний і реєструвальний (10-Б); мікропроцесорний регулятор співвідношення (10-В); регулюючий електронний клапан (10-Г).

**Контур 11** здійснює контроль та регулювання витрати диметилформаміду на вході у десорбер та містить: витратомір – діафрагма камерна (11-А); тензоперетворювач різниці тиску з квадратичною функцією перетворення (11-Б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (11-В); мікропроцесорний регулятор співвідношення (11-Г); регулюючий електронний клапан (11-Д).

**Контур 12** забезпечує контроль та регулювання витрати пари на вході в кип'ятильник та включає: витратомір – діафрагма камерна (12-А); тензоперетворювач різниці тиску з квадратичною функцією перетворення (12-Б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (12-В); мікропро-

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цесорний регулятор співвідношення (12-Г); регулюючий електронний клапан (12-Д).

**Контур 13** здійснює контроль концентрації ацетилену на виході з скрубера та містить: аналізатор рідини кондуктометричний, реєструвальний (13-А); вторинний прилад автоматичний показувальний і реєструвальний з вмонтованою сигналізацією (13-Б); лампу електричну сигнальну червоного кольору (HL7); лампу електричну сигнальну жовтого кольору (HL8).

**Контур 14** забезпечує контроль та регулювання витрати диметилформаміду на вході у десорбер та включає: витратомір – діафрагма камерна (14-А); тензоперетворювач різниці тиску з квадратичною функцією перетворення (14-Б); автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад (14-В); мікропроцесорний регулятор співвідношення (14-Г); регулюючий електронний клапан (14-Д).

**Контур 15** забезпечує контроль та регулювання температури диметилформаміду на виході з холодильника та містить: термоперетворювач типу ТСПУ (15-А); вторинний прилад автоматичний показувальний і реєструвальний (15-Б); мікропроцесорний регулятор співвідношення (15-В); регулюючий електронний клапан (15-Г).

**Контур 16** призначений для контролю тиску газів крекінгу метану у трубопроводі та містить: пневмoeлектричного перетворювача ПЕП-11 (16-А) та технологічного мікропроцесорного індикатора ІТМ 11 (16-Б); лампу електричну сигнальну червоного кольору (HL9); лампу електричну сигнальну жовтого кольору (HL10).

**Контур 17** забезпечує контроль та регулювання температури ацетилену у суміші із метилацетиленом і парами диметилформаміду, що надходить у конденсатор-холодильник та включає: термоперетворювач типу ТСПУ (17-А); вторинний прилад автоматичний показувальний і реєструвальний (17-Б); мікропроцесорний регулятор співвідношення (17-В); регулюючий електронний клапан (17-Г).

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Контури 18-21** мають однакове призначення і контролюють тиск в трубопроводах. Контур включає в себе пневмоелектричний перетворювач ПЕП-11 (поз. 1) та технологічного мікропроцесорного індикатора

Також у даній схемі автоматизації використовується 5 електропроводів, що керуються дистанційно і містять: пускач магнітний безконтактний неревесивний з тепловим реле МП1, МП2, МП3, МП4, МП5; кнопка запобіжного вимикання SA1, SA2, SA3, SA4, SA5; пост управління кнопковий SB1, SB2, SB3, SB4, SB5, SB6, SB7, SB8, SB9, SB10; лампи сигнальні із червоними і зеленими індикаторами відповідно HL2, HL3, HL5, HL6, HL11, HL12, HL13, HL14, HL15, HL16.

### 2.3. Розробка схеми технологічної сигналізації та аварійного захисту

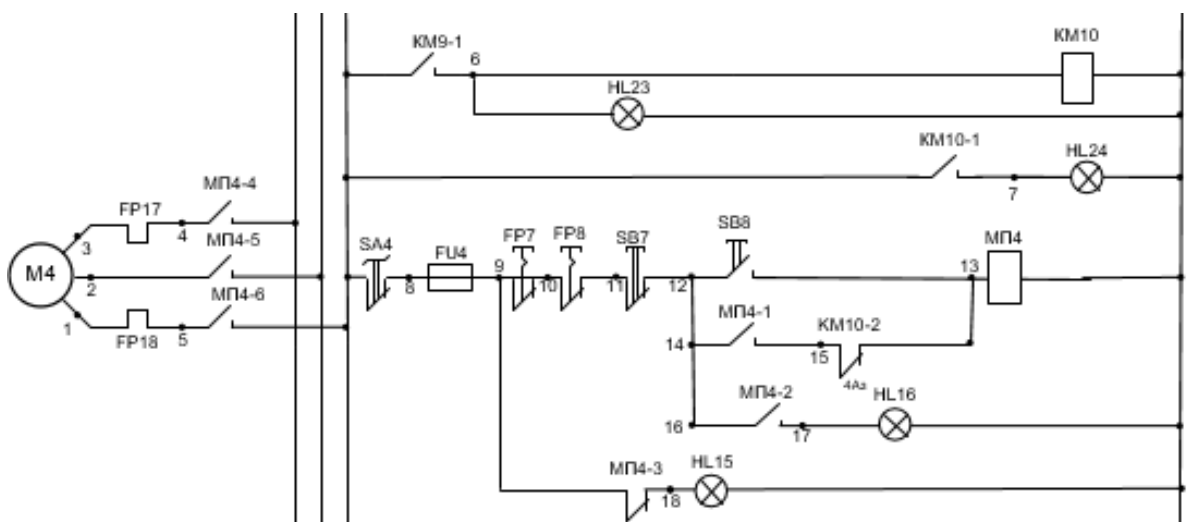


Рисунок 2.3 - Принципова електрична схема управління і аварійного захисту двигуна

Принцип управління та аварійного захисту двигуна полягає у наступному: натискаючи кнопку включення повинен спрацювати магнітний пускач, а нормально розімкнутий контакт – замкнутись, він і замикає ланцюг МП. Також замикаються контакти сигналізації включення МП та три кнопки живлення електродвигуна. У даний момент часу розмикається нормально розімкнутий контакт сигналізації виключення магнітного пускача. Сам по собі захист електродвигуна передбачає термічний захист.

Сигналізація спрацює при досягненні максимального чи мінімального значення контролюваного параметру, замкнеться контакт в приладі КМ9-1 і

утворюється замкнутий ланцюг живлення КМ10. Реле КМ 10 спрацьовує і перемикаються його контакти, нормально замкнений контакт розмикається і зелена лампочка погасає, а нормально розімкнутий – замикається і загоряється червона лампочка. Реле спрацьовує і контакти перемикаються в початкове положення.

Напринциповій електричній схемі дистанційного керування електродвигунів ДП ЛА52.03. 02.000 СхЕ показано що для перемикання живлення електродвигунів використовуються магнітні пускачі МП1, МП2, МП3.

FP2, FP3, FP4, FP5, FP6, FP7, FP8 призначенні для захисту живлення електродвигунів від перенавантаження та короткого замикання.

FU2, FU3, FU4 використовуються для запобігання згорання магнітних пускачів.

SB4, SB6, SB8 – кнопки потрібні для вимикання живлення електродвигунів, а SB3, SB5, SB7 – для вмикання.

Для сигналізації включених електродвигунів встановлюють лампочки зеленого кольору – HL11, HL13, HL15, а для відключених HL12, HL14, HL16 – червоного кольору.

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

## 2.4.Розробка монтажно-комутаційної схеми

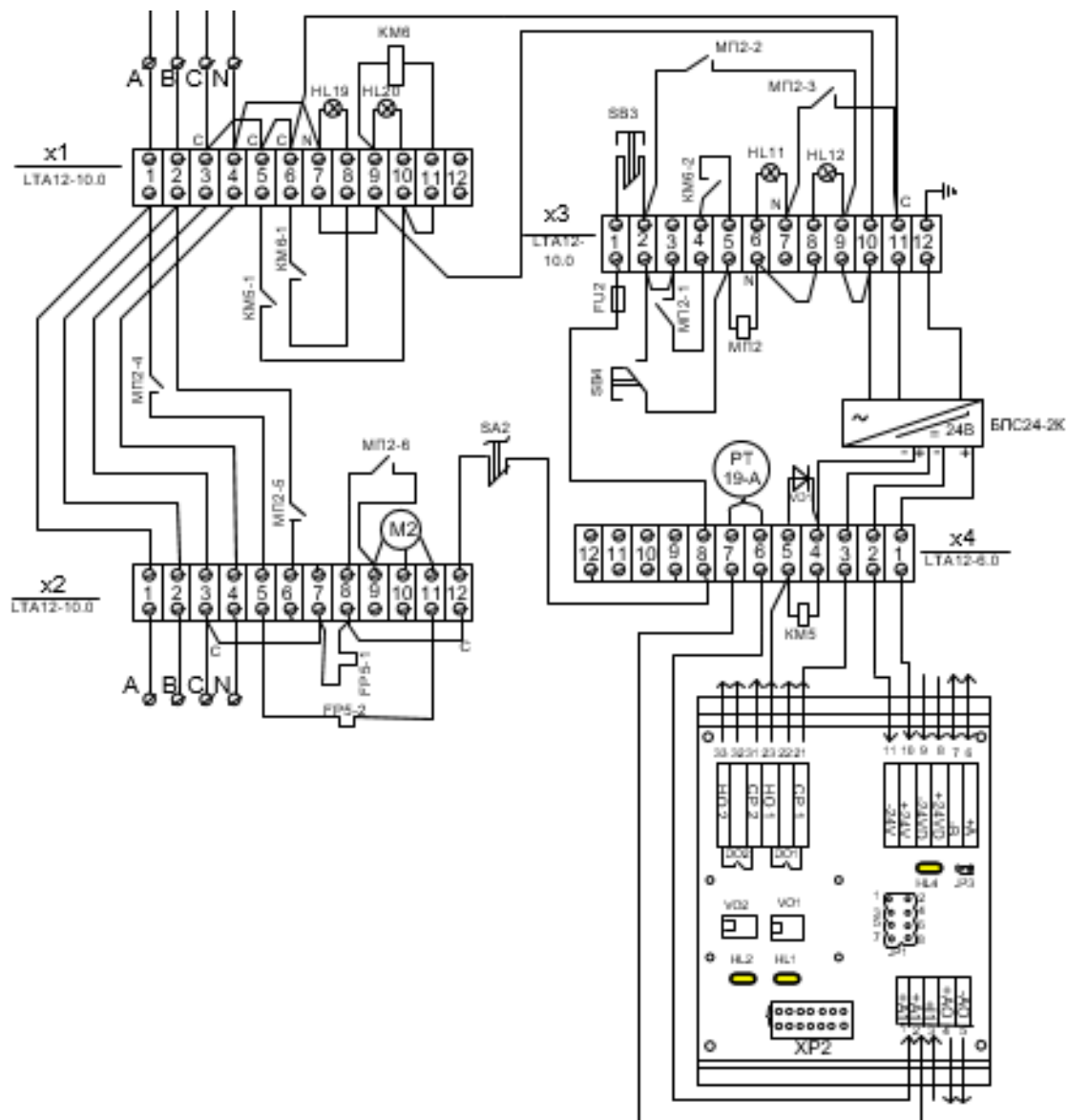


Рисунок 2.4 - Схема комутації електродвигуна

Дистанційно керуються:

- електропривод насоса M1 (SB1, SB2, SA1 на щиті);
- електропривод насоса M2 (SB3, SB4, SA2 на щиті);
- електропривод насоса M3 (SB5, SB6, SA3 на щиті);
- електропривод насоса M4 (SB7, SB8, SA4 на щиті);
- електропривод насоса M5 (SB9, SB10, SA5 на щиті);

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ

Арк.

25

### 3. Математичне моделювання холодильника газу

#### 3.1 Моделювання статичного режиму.

Холодильник газу – це теплообмінний апарат, що використовується в промисловості для охолодження будь яких рідин, газів, а також їх сумішей, які подаються на вхід для подальшого їх використання у процесі.

У процесі виділення ацетилену з вуглеводнів значну роль відіграє якісна абсорбція діацетилену з газів крекінгу метану, адже його вміст несе негативний вплив на кінцеву продукцію. Для якісної абсорбції потрібно підтримувати регламентований температурний режим. Охолодження газів відбувається у холодильниках за допомогою холодної води до температури 38 °С (311 К). Необхідно розробити моделі статики і динаміки даного процесу за каналами керування-вихід та збурення-вихід для можливості синтезу якісної системи автоматичного керування процесом. На рис 3.1. наведена структурно-параметрична схема апарату.

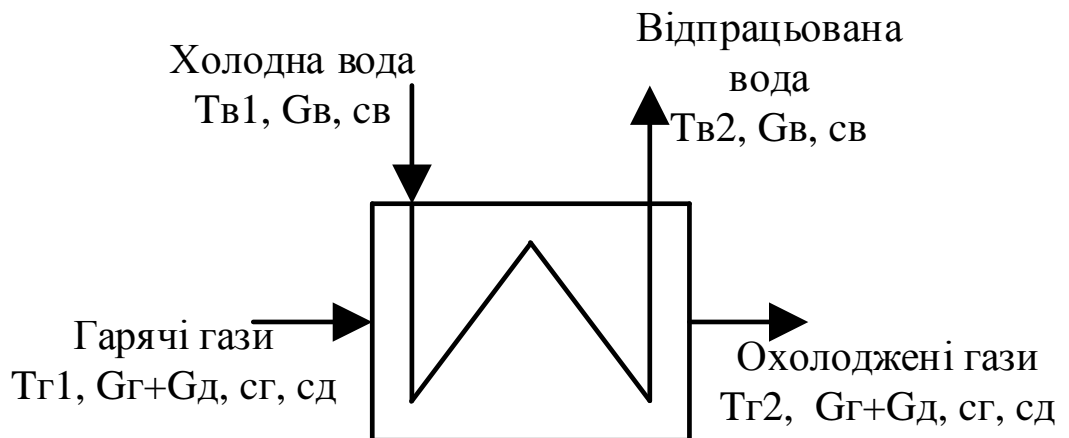


Рис. 3.1. – Структурно-параметрична схема холодильника

Виходячи з наведеної вище схеми бачимо, що на температуру охолоджених газів впливає витрата та температура води, вхідна температура газів, а також витрата газів та домішок у ньому. В нашому процесі вміст домішок виступає в ролі збурення, вплив якого нам потрібно нівелювати. Підтримання температури газів на регламентованому рівні необхідно для отримання продукції високої якості і запобігання передчасному зносу обладнання, що використовується, в нашому випадку – абсорбера.

Очевидно, що керувати температурою вхідних газів доцільно шляхом регулювання витрати холодної води.

Таблиця 3.1. – Основні параметри статичного режиму

Назва параметру	Позначення	Одиниці вимірювання	Значення	№.
Витрата газів на вході в апарат	$G_r$	кг/с	0,56	1
Питома теплоємність газу	$C_r$	Дж/(кг•К)	2226	2
Температура газів на вході в апарат	$T_{r1}$	К	338	3
Питома теплоємність домішок	$C_d$	Дж/(кг•К)	1683	4
Питома теплоємність води	$C_v$	Дж/(кг•К)	4183	5
Температура води на вході до апарату	$T_{v1}$	К	288	6
Температура води на виході до апарату	$T_{v2}$	К	311	7
Витрата домішок	$G_d$	кг/с	0,08	8
Витрата води	$G_v$	кг/с	0,04	9
Маса газів, що проходить через холодильник за визначений проміжок часу	$M_r$	кг	5,88	10
Маса домішок, що проходить через холодильник за визначений проміжок часу	$M_d$	Кг	4,2	11



Розглянемо статичний режим. Він представляє собою режим роботи системи автоматичного керування, в якому керована величина та всі інші проміжні величини не змінюються у часі. Даний режим зображується графічно зображується за допомогою статичної характеристики, вона представляє собою залежність керованого параметру, тобто вихідної величини, від керуючого впливу – вхідної величини.

Складемо тепловий баланс для холодильника газу, виходячи із структурно-параметричної схеми об'єкта, що зображена на рис. 3.1.

$$(G_{\Gamma} \cdot c_{\Gamma} + G_{\Delta} \cdot c_{\Delta})T_{\Gamma 1} + G_B \cdot c_B \cdot T_{B1} = (G_{\Gamma} \cdot c_{\Gamma} + G_{\Delta} \cdot c_{\Delta})T_{\Gamma 2} + G_B \cdot c_B \cdot T_{B2} \quad (3.1)$$

Виведемо рівняння статики для каналів «витрата води» - «температура охолоджених газів» та «вміст домішок» - «температура охолоджених газів».

$$T_{\Gamma 2} = T_{\Gamma 1} + G_B \cdot c_B \frac{T_{B1} - T_{B2}}{G_{\Gamma} \cdot c_{\Gamma} + G_{\Delta} \cdot c_{\Delta}} \quad (3.2)$$

Основною регульованою величиною є температура газу на виході з апарату, тому визначимо її залежність від керуючого впливу, в нашому випадку це – витрата води.

$$T_{\Gamma 2} = 338 - G_B \frac{57,17}{0,74 + G_{\Delta}} \quad (3.3)$$

Побудуємо відповідну статичну характеристику для  $T_{\Gamma 2} = f(G_B)$ :

$$T_{\Gamma 2} = 338 - 69,72G_B$$

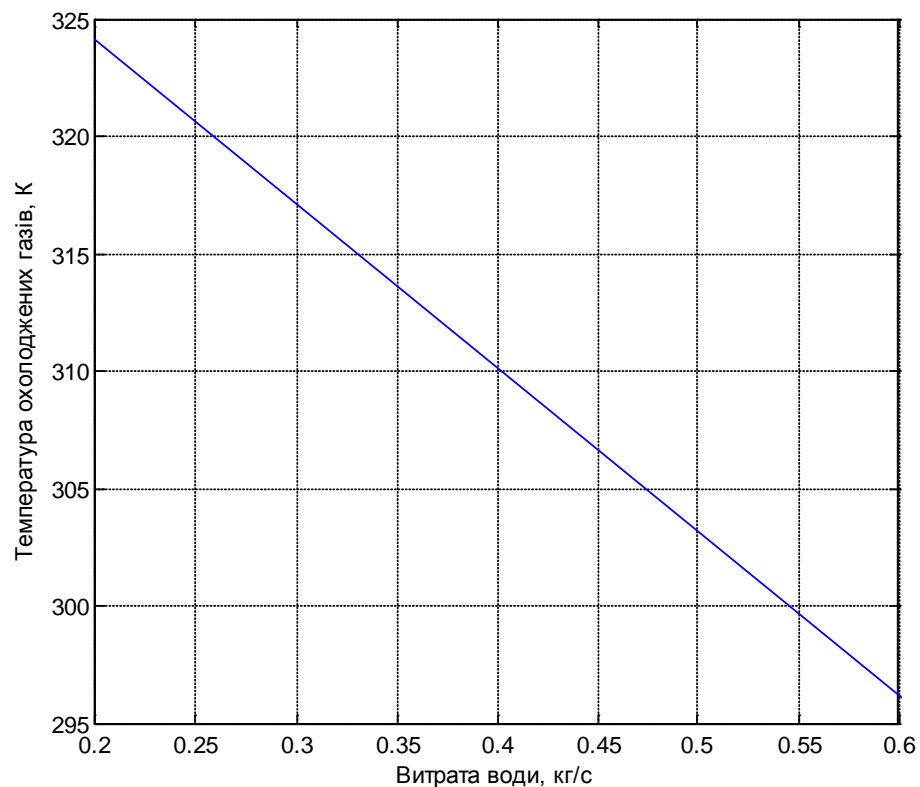


Рисунок 3.2 Статична характеристика холодильника за каналом «керування»-«вихід»  
Побудуємо наступну статичну характеристику для  $T_{r2} = f(G_d)$ :

$$T_{r2} = 338 - G_B \frac{22,87}{0,74 + G_d}$$

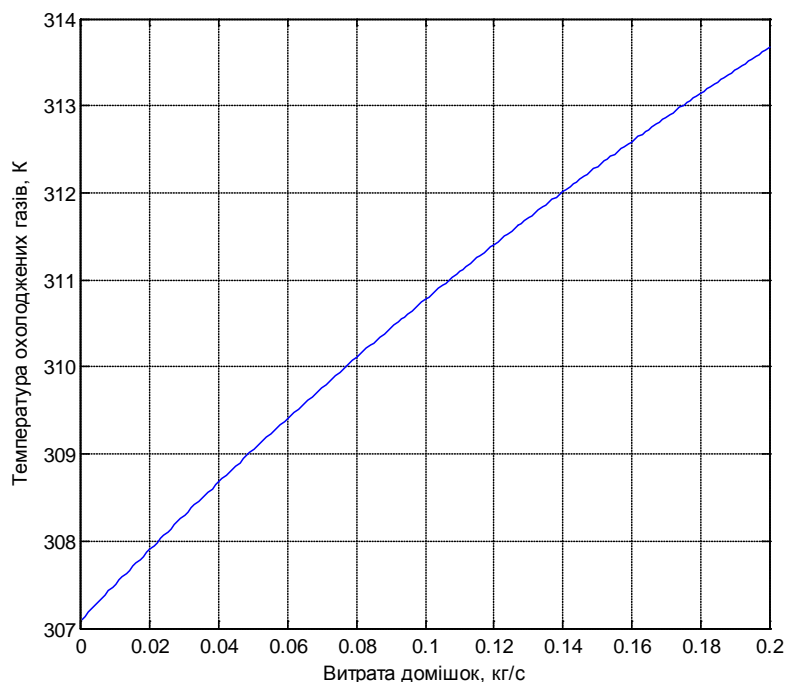


Рисунок 3.3. Статична характеристика холодильника за каналом «збурення»-«вихід»

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ

Арк.

29

### 3.2. Моделювання динамічного режиму

Динамічний режим – це такий режим, у якому хоча б один параметр змінюється у часі. Його характерною ознакою є розподіл параметрів у просторі, проте холодильник газу ми будемо розглядати як об'єкт із зосередженими параметрами. Ми робимо припущення, що параметри не змінюються по довжині об'єкта.

Рівняння динаміки для обраного теплообмінника має наступний вигляд:

$$(G_{\Gamma} \cdot c_{\Gamma} + G_{\Delta} \cdot c_{\Delta}) \cdot (T_{\Gamma 1} - T_{\Gamma 2}) + G_B \cdot c_B \cdot (T_{B1} - T_{B2}) = (M_{\Gamma} c_{\Gamma} + M_{\Delta} c_{\Delta}) \frac{dT_{\Gamma 2}}{dt} \quad (3.4)$$

Пролінеаризуємо рівняння динаміки 3.4

Вхід -  $G_B$ ;

Вихід -  $T_{\Gamma 2}$ ;

Запишемо отримане рівняння динаміки у приростах для каналу «керування»-«вихід»:

$$(G_{\Gamma} c_{\Gamma} + G_{\Delta} c_{\Delta})(T_{\Gamma 1} - \Delta T_{\Gamma 2}) + G_B c_B (T_{B1} - T_{B2}) = (M_{\Gamma} c_{\Gamma} + M_{\Delta} c_{\Delta}) \frac{d\Delta T_{\Gamma 2}}{dt} \quad (3.5)$$

Перетворимо за Лапласом лінеаризоване рівняння для каналу «керування» - «вихід»:

$$\frac{(G_{\Gamma} c_{\Gamma} + G_{\Delta} c_{\Delta}) T_{\Gamma 1}}{p} - T_{\Gamma 2}(p)(G_{\Gamma} c_{\Gamma} + G_{\Delta} c_{\Delta}) + G_B(p) c_B (T_{B1} - T_{B2}) = (M_{\Gamma} c_{\Gamma} + M_{\Delta} c_{\Delta}) p T_{\Gamma 2}(p) \quad (3.6)$$

Отримаємо передатну функцію по каналу «керування» - «вихід»:

$$W_{G_B \rightarrow T_{\Gamma}}(p) = \frac{T_{\Gamma 2}(p)}{G_B(p)} = \frac{c_B (T_{B1} - T_{B2})}{(M_{\Gamma} c_{\Gamma} + M_{\Delta} c_{\Delta}) p + (G_{\Gamma} c_{\Gamma} + G_{\Delta} c_{\Delta})} \quad (3.7)$$

Підставивши значення з табл. 4.1 отримаємо:

$$W_{G_B \rightarrow T_{\Gamma}}(p) = \frac{-96209}{20157,48p + 1381,2} = \frac{-69,656}{14,59p + 1} \quad (3.8)$$

Аналогічно отримаємо передатну функція для каналу «збурення» - «вихід»:

$$G_{\Delta} c_{\Delta} T_{\Gamma 1} - G_{\Gamma} c_{\Gamma} T_{\Gamma 2} - (M_{\Gamma} c_{\Gamma} + M_{\Delta} c_{\Delta}) \frac{dT_{\Gamma 2}}{dt} + G_{\Gamma} c_{\Gamma} T_{\Gamma 1} + G_B c_B (T_{B1} - T_{B2}) - G_{\Delta} c_{\Delta} T_{\Gamma 2} = 0 \quad (3.9)$$

Лінеаризуємо рівняння в околі точки  $G_{\Delta} = 0,08 \text{ кг/с}$ ,  $T_{\Gamma 2} = 311 \text{ К}$  та знайдемо значення  $\frac{dT_{\Gamma 2}}{dt}$  у цій точці:

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{dT_{T_2}}{dt} = \frac{G_D c_D T_{T_1} - G_T c_T T_{T_2} + G_T c_T T_{T_1} + G_B c_B (T_{B1} - T_{B2}) - G_D c_D T_{T_2}}{M_T c_T + M_D c_D} = 0,059 \quad (3.10)$$

Знайдемо частинні похідні рівняння динаміки в околі робочої точки, для зручності позначимо його F:

$$\begin{aligned} \frac{\partial F}{\partial G_D} &= c_D T_{T_1} - c_D T_{T_2} \\ \frac{\partial F}{\partial T_{T_2}} &= -G_T c_T - G_D c_D \\ \frac{\partial F}{\partial \frac{dT_{T_2}}{dt}} &= -M_T c_T - M_D c_D \\ \frac{\partial F}{\partial \frac{dG_D}{dt}} &= 0 \end{aligned}$$

Тепер запишемо лінеаризоване рівняння для каналу «збурення» - «вихід»:

$$(c_D T_{T_1} - c_D \Delta T_{T_2}) \Delta G_D - (G_T c_T + G_D c_D) \Delta T_{T_2} - (M_T c_T + M_D c_D) \frac{d\Delta T_{T_2}}{dt} = 0 \quad (3.11)$$

Підставивши значення отримаємо:

$$45441 \cdot \Delta G_D - 1381,2 \cdot \Delta T_{T_2} - 20157,48 \cdot \frac{d\Delta T_{T_2}}{dt} = 0 \quad (3.12)$$

Виконаємо перетворення Лапласа рівняння для каналу «збурення» - «вихід»:

$$45441 G_D(p) - 1381,2 T_{T_2}(p) - 20157,48 p T_{T_2}(p) = 0 \quad (3.13)$$

Запишемо передатну функцію по каналу «збурення» - «вихід»:

$$W_{G_D \rightarrow T_{T_2}}(p) = \frac{T_{T_2}(p)}{G_D(p)} = \frac{45441}{1381,2 + 20157,48 p} = \frac{32,899}{14,59 p + 1} \quad (3.14)$$

Побудуємо перехідні характеристики, для цього використаємо наступний фрагмент коду Matlab:

```
Wk = tf([-96209],[ 20157.48 1381.2 ]);
Wz = tf ([45441],[ 20157.48 1381.2 ]);
figure, step(Wk), grid on, title('керування-вихід'), xlabel('t'),ylabel('h(t)')
figure, step(Wz), grid on, title('збурення-вихід'), xlabel('t'),ylabel('h(t)')
```

Перехідні характеристики за каналом «керування -«вихід» та «збурення» - «вихід» відповідно будуть мати вигляд:

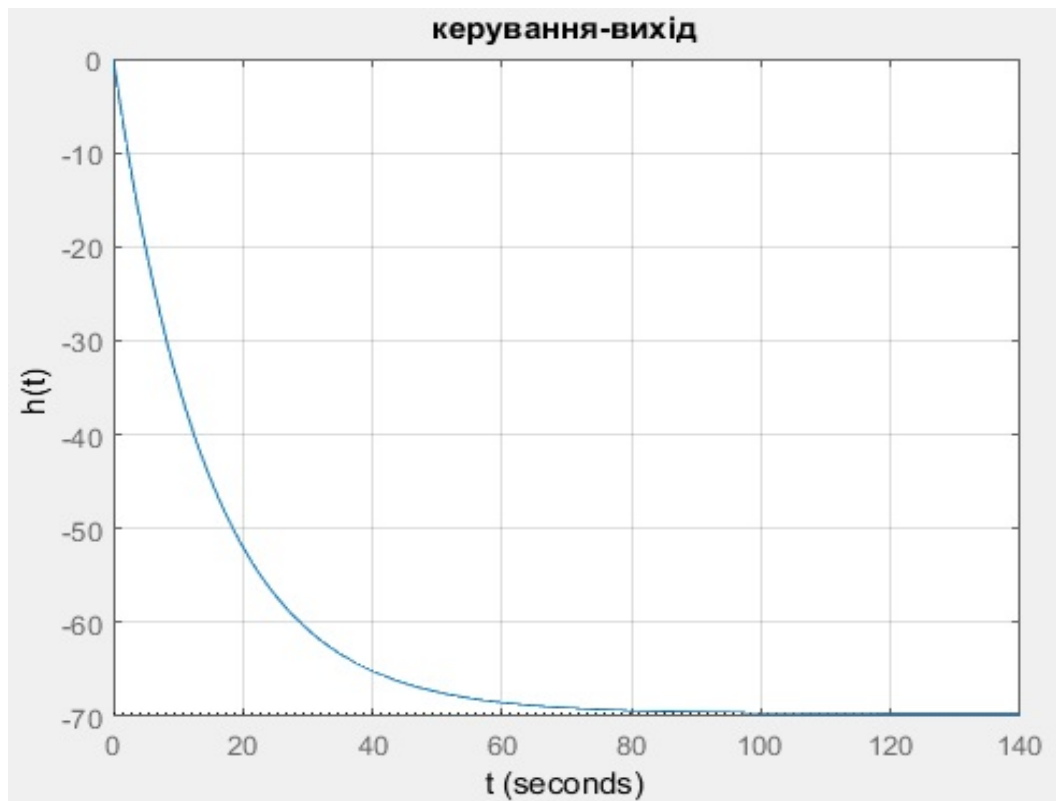


Рисунок 3.4 - Перехідна характеристика холодильника за каналом «керування» - «вихід»

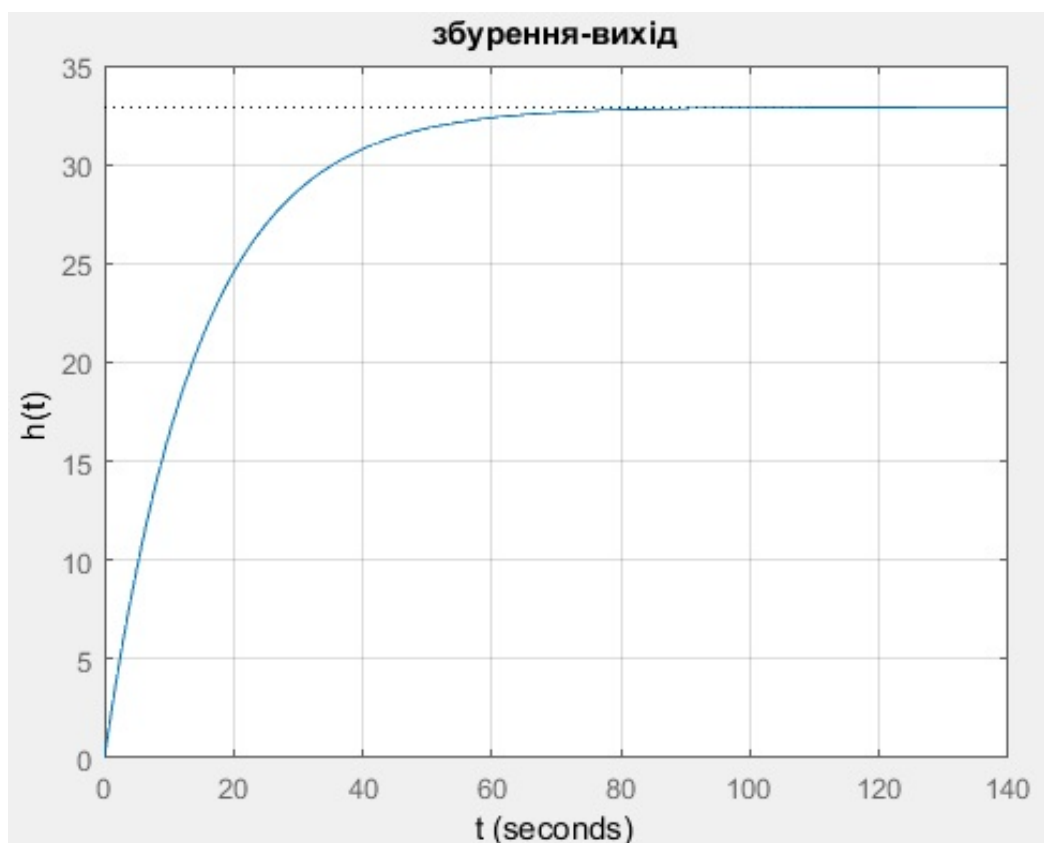


Рисунок 3.5 - Перехідна характеристика холодильника за каналом збурення» - «вихід»

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ

Арк.

32

#### 4. Синтез та дослідження системи керування холодильником газу.

Дослідивши об'єкт керування, отримали математичну модель холодильника газу у вигляді передатної функції:

$$W_{G_B \rightarrow T_r}(p) = \frac{-69,656}{14,59p + 1} \quad (4.1)$$

Тепер на основі даної передатної функції можна налаштувати параметри регулятора для забезпечення потрібних нам показників якості системи.

##### 4.1. Аналіз показників якості системи керування

Важливою складовою стійкої системи є якість, зазвичай її визначають з перехідної характеристики.

Серед прямих показників визначають:

- 1) Ступінь згасання  $\Psi$ ;
- 2) Час досягнення першого максимуму  $t_{\max}$ ;
- 3) Час регулювання  $t_p$ ;
- 4) Помилка регулювання  $E_{\text{ст}}$  (статистична або середньоквадратична складова);
- 5) Перерегулювання  $y$ ;
- 6) Динамічний коефіцієнт регулювання  $R_d$ ;
- 7) Показник коливності  $M$ .

Нехай перехідна характеристика ОК, має наступний вигляд:

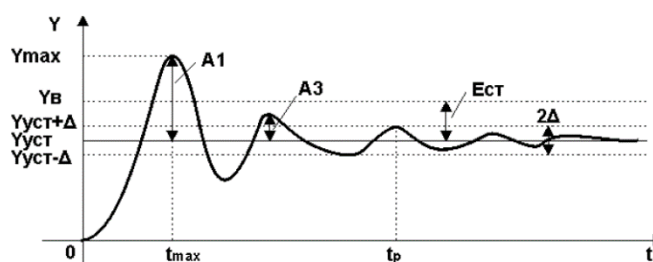


Рисунок 4.1. -Визначення показників якості по перехідній характеристиці

Тоді ми зможемо обчислити згадані вище показники якості використовуючи наступні формули:

- 1) Усталене значення вихідної величини  $Y_{\text{уст}}$ ;

Ууст визначається безпосередньо по перехідній характеристиці, представленої на рисунок 4.1.

2) Ступінь затухання  $\Psi$ ;

Ступінь затухання  $\Psi$  визначається за формулою:

$$\Psi = \frac{A_1 - A_3}{A_3}$$

де  $A_1$  та  $A_3$  – відповідно значення 1-ї та 3-ї амплітуди перехідної характеристики.

3) Час досягнення першого максимуму  $t_{\max}$ ;

$t_{\max}$  визначається по перехідній характеристиці, зображеної на рис. 4.1.

4) Час регулювання  $t_r$ ;

$t_r$  відповідно до рисунок 4.1 визначається наступним чином: спочатку знаходиться допустиме відхилення  $D$ , наприклад, задане  $D = 5\%Y_{уст}$  і будується «зона» завтовшки  $2D$  (див. рис. 4.1). Час  $t_r$  відповідає останній точці перетину  $Y(t)$  з даною кордоном. Іншими словами це час, коли коливання регульованої величини перестають перевищувати 5% від сталого значення.

Регулятора потрібно налаштувати так, щоб час регулювання був мінімальний.

5)  $E_{ст}$  – помилка регулювання;

Визначається за формулою  $E_{ст} = U_v - U_{уст}$ , де  $U_v$  - вхідна величина (див. рисунок 4.1.1). У деяких системах автоматичного керування може виникати помилка, яка не зникає навіть після закінчення досить значного інтервалу часу- це статична похибка і вона не повинна перевищувати наперед заданої величини.

6) Перерегулювання  $y$ ;

$$y = \frac{Y_{\max} - Y_{уст}}{Y_{уст}} * 100\%$$

де значення величин  $Y_{\max}$  і  $Y_{уст}$  визначаємо з рисунку 4.1

При відпрацюванні збурення, перерегулювання визначається за співвідношенням:

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$y = \frac{X1}{Xm} * 100\%$$

де значення величин  $Xm$  і  $X1$  визначаються за рисунку 4.2

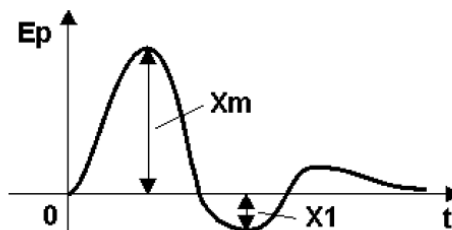


Рисунок -4.2 Графік перехідного процесу при відпрацюванні збурення

7) Динамічний коефіцієнт регулювання  $Rd$ ;

$Rd$  визначається із формули:

$$Rd = \frac{Y1}{Y0} * 100\%$$

де значення величин  $Y1$  і  $Y0$  визначаються з рисунку 4.3



Рисунок 4.3 - Вплив динамічного коефіцієнту на процес

Його величина показує ступінь впливу регулятора на процес, а саме: ступінь зниження динамічного відхилення в системі без регулятора та з ним.

8) Показник коливності  $M$ .

$M$  характеризує величину максимуму модуля частотної передатної функції ЗС(замкнутої системи) і характеризує коливальні властивості системи. Показник можна побачити на рисунку 4.4

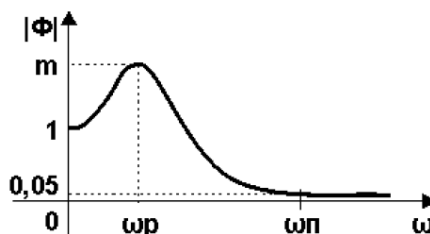


Рисунок 4.4 - Графік модуля частотної передатної функції



Кажуть, що значення  $M=1,2-1,4$  є оптимальним для промислових систем автоматичного керування, а при збільшенні даного значення коливність системи зростає.

Дослідимо вище описані показники, а саме – тривалість перехідного процесу та перерегулювання за допомогою налаштування системи керування методом М-кола.

## 4.2. Розрахунок параметрів регулятора методом М-кола

Налаштуємо ПІ-регулятор методом М-кола, для цього використаємо наступну функцію у середовищі Matlab:

```
function Wr=mkolo(Wo,Kr,Tin,M)
Xdk=-M*M/(M*M-1);
Rk=M/(M*M-1);
Xk=(Xdk-Rk):(Rk/32):(Xdk+Rk);
Yk=(Rk^2-(Xk-Xdk).^2).^0.5;
fn=300;
Wr=tf([Kr*Tin 1],[Tin 0]);
W=Wo*Wr;
f=logspace(-4,4,fn);
W=frd(W,f);
[af,]=frdata(W);
af=squeeze(af);
ii=0;
afv=0;
for i=1:fn
if abs(imag(af(i)))<(1.3*Rk)
ii=ii+1;
afv(ii)=af(i);
end
end
re=real(afv);
im=imag(afv);
plot(re,im,'k',Xk,Yk,'k',Xk,-Yk,'k'), grid on
end
```

Підберемо коефіцієнти регулятора таким чином, щоб АФХ розімкненої системи доторкнулось до М-кола. Для спрощення дослідимо АФХ системи з доданим коефіцієнтом підсилення, а у передатній функції системи використаємо формулу для додатного зворотного зв'язку. У результаті виконання вище приведеної програми з коефіцієнтами  $K_r = 0,79$  і  $T_{in} = 54$  отримано рисунок:

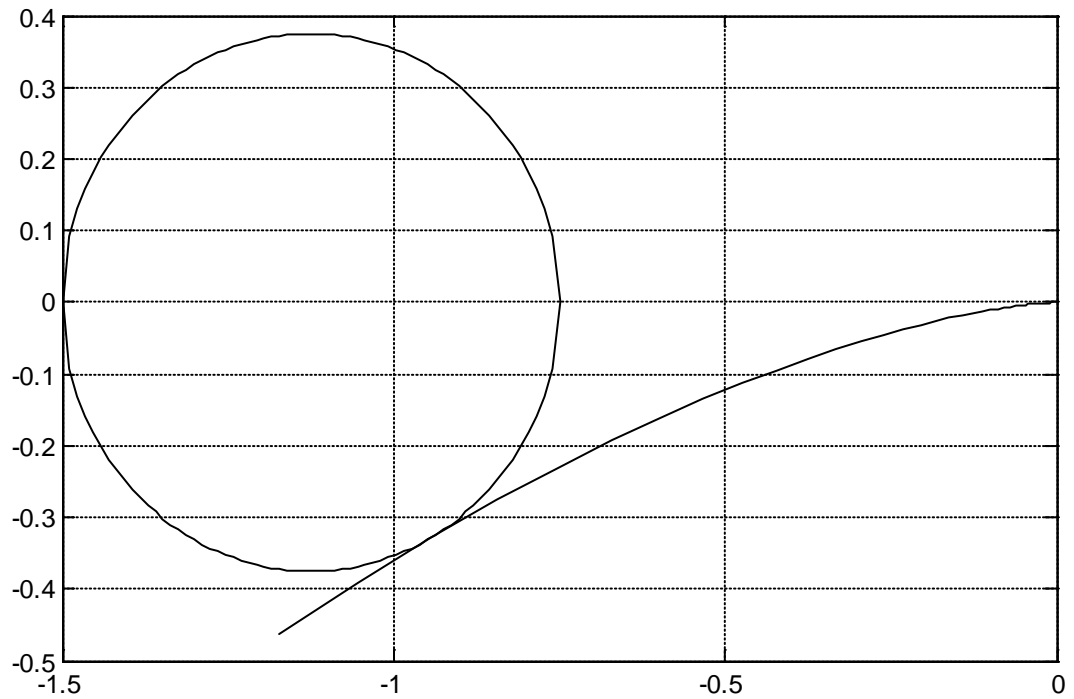


Рисунок 4.5 - Налаштування ПІ-регулятора методом М-кола

Маємо передатні функції системи за каналами «керування» - «вихід» та «збурення» - «вихід» відповідно:

$$W_{K \rightarrow B}(p) = \frac{-1,2561 \cdot (p + 0,02344)}{(p + 0,02318) \cdot (p^2 + 0,3768 \cdot p + 1,27)};$$

$$W_{36 \rightarrow B}(p) = \frac{32,902 \cdot p \cdot (p + 0,33) \cdot (p + 0,07)}{(p + 14,6) \cdot (p + 0,02318) \cdot (p^2 + 0,3768 \cdot p + 1,27)}.$$

Побудуємо перехідні характеристики за зазначеними каналами:

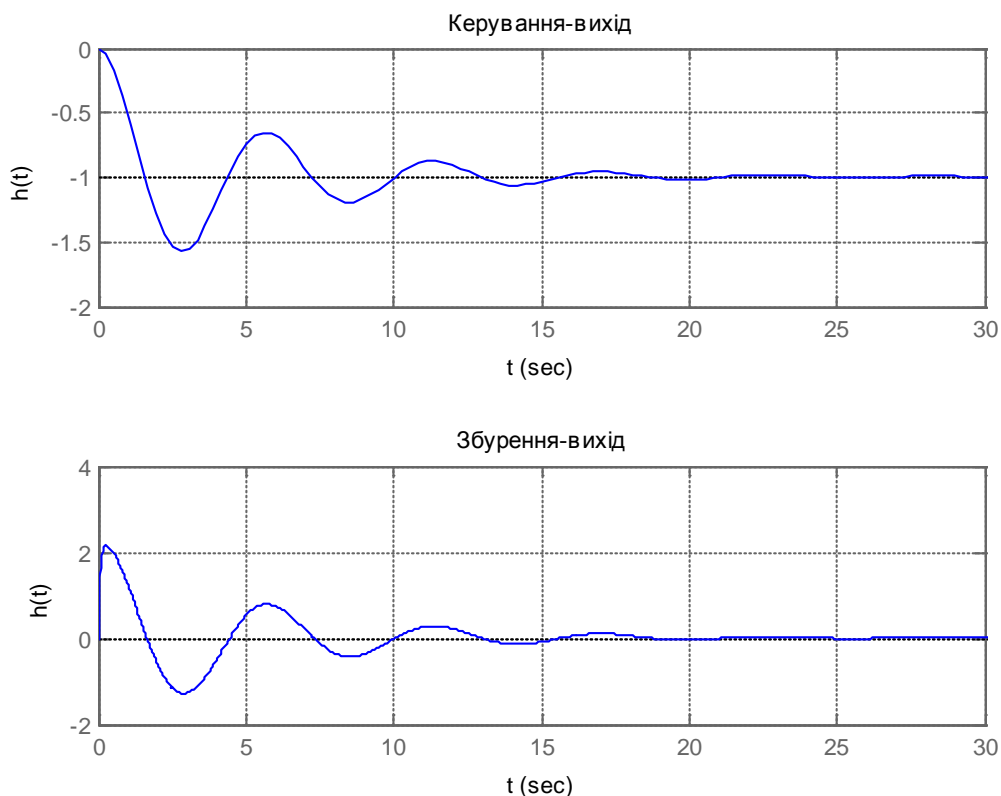


Рисунок 4.6- Перехідні характеристики з ПІ-регулятором

### 4.3. Синтез системи керування засобами ControlSystemToolbox

В середовищі Matlabв пакеті ControlSystemToolboxпередбачена можливість автоматичного налаштування регуляторів за певними критеріями. Налаштуємо систему з ПІД-регулятором. Нижче на рисунку 4.7 наведено скриншот робочого вікна програми, яке відкривається командою Sisotool.

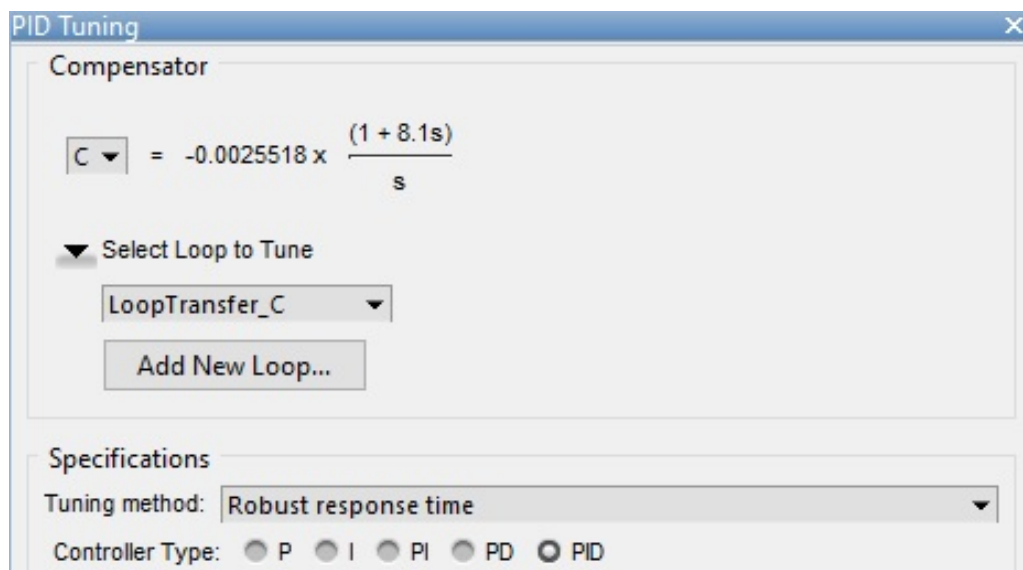


Рисунок 4.7 - Вікно налаштування регулятора

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Ми отримали передатну функцію ПІД-регулятора методом *robustresponsetimey* вигляді:

$$W_{\text{ПІД}}(p) = k_p + \frac{1}{T_{in}p} + T_{df}p = -0,00255 \frac{1+8.1p}{p}, \quad (4.2)$$

Побудуємо перехідну характеристику замкненої системи з ПІД-регулятором:

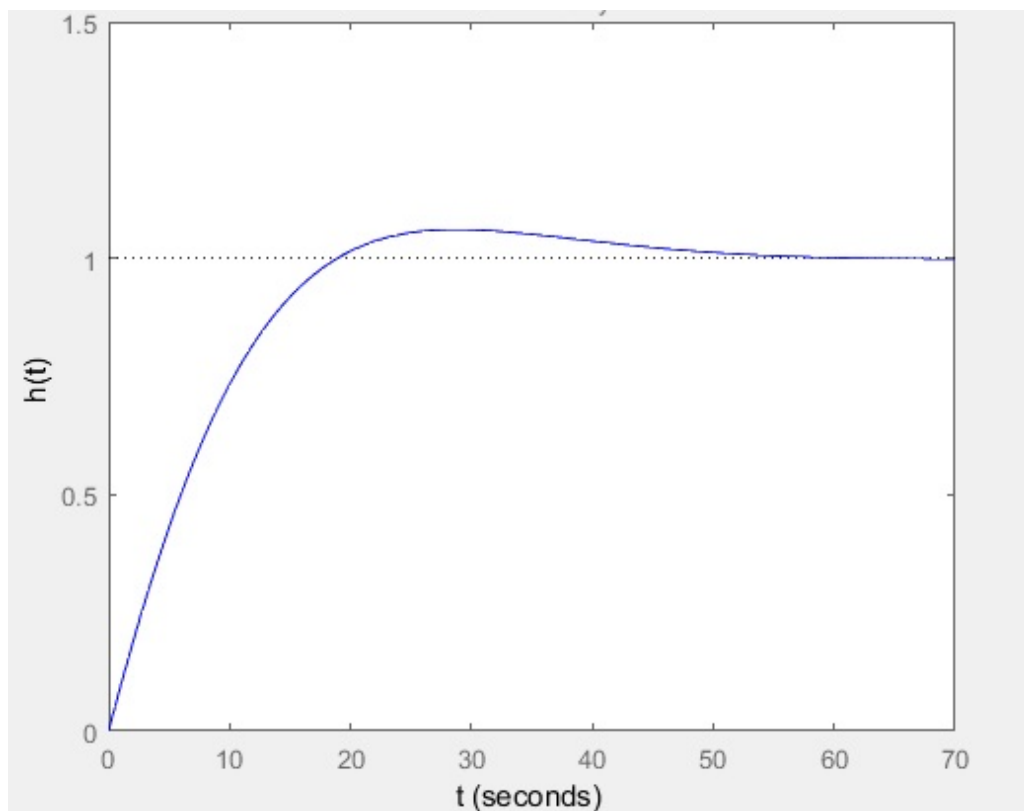


Рисунок 4.8 - Перехідна характеристика замкненої системи з ПІД-регулятором

Отримані параметри налаштування регулятора можна застосувати, наприклад для програмування промислового контролера на виробництві.

#### 4.4. Моделювання системи керування в Simulink

На сьогоднішній день дуже важливим перед впровадженням складної системи дослідити її роботу та реакцію на ті чи інші впливи, моделювання є одним з способів перевірки роботи об'єкта чи системи в цілому.

Існує велика кількість програм для таких дій, але Matlab є одним з найкращих, найстарших і добре перевіреним на практиці. Він широко розповсюджений, так як має велику кількість різних пакетів візуального проектування, які можна комбінувати для отримання потрібного результату. Підсистема

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Simulink– це інтерактивне середовище для моделювання та аналізу динамічних систем, використовуючи блок-діаграми. Перевагою Simulink є велика бібліотека блоків, якими можна зібрати як просту систему так і складну. Також можливо моделювати лінійні, нелінійні системи, неперервні, дискретні та комбіновані системи.

Складемо у робочому вікні програми необхідну нам систему виду:

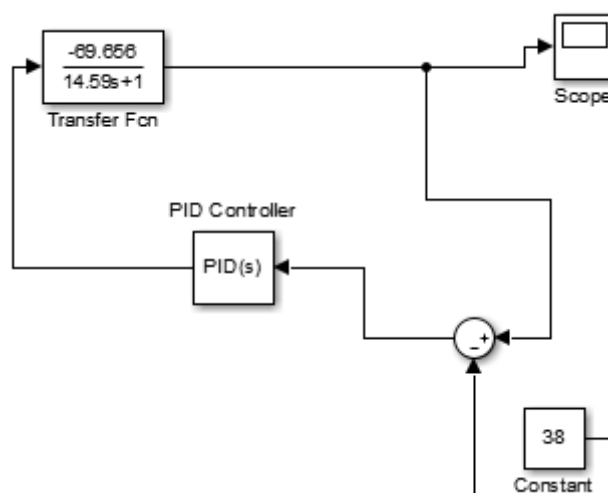


Рисунок 4.9 – Робоче вікно в Simulink

Вона включає наступні елементи:

- 1) Блок *TransferFcn*– задає передатну функцію.
- 2) *PID Controller* – алгоритм управління. Регулятор можна налаштувати вручну шляхом підбору потрібних коефіцієнтів, або скориставшись Simulink Control Design.
- 3) *Scope*– блок відображення використовуваних сигналів у часі.
- 4) *Sum* – суматор, зазвичай використовується для підсумовування скалярних, векторних, матричних сигналів.
- 5) *Constant*– задає сигнал, може бути дійсним, комплексним числом, вектором або матрицею, у нашому випадку 38 – це завдання для об'єкта, що розглядається.

Отримаємо перехідну характеристику натиснувши на блок «Scope»:

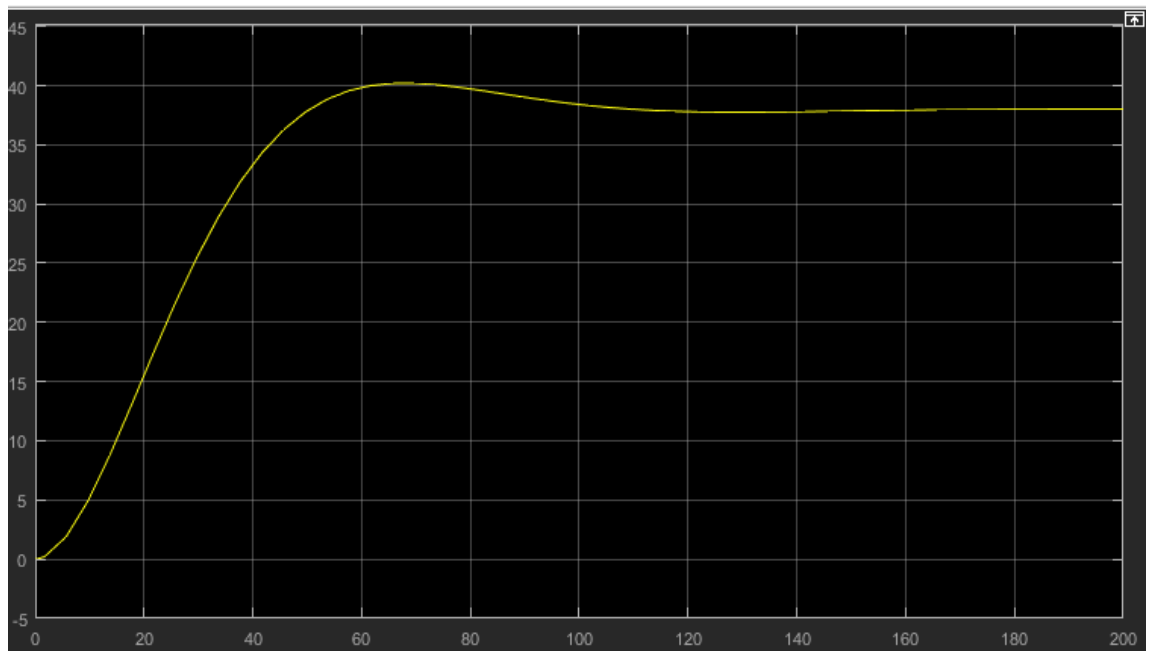


Рисунок 4.10 – Графік перехідного процесу

Далі налаштуємо регулятор, для цього тиснемо на блок «*PIDController*», впливає вікно, що наведено на рисунку 4.11, параметри налаштування обираються автоматично.

Рисунок 4.11 - Вікно налаштувань ПІД-регулятора

Щоб отримати графік системи з ПД-регулятором тиснено в тому ж вікні «Tune»:

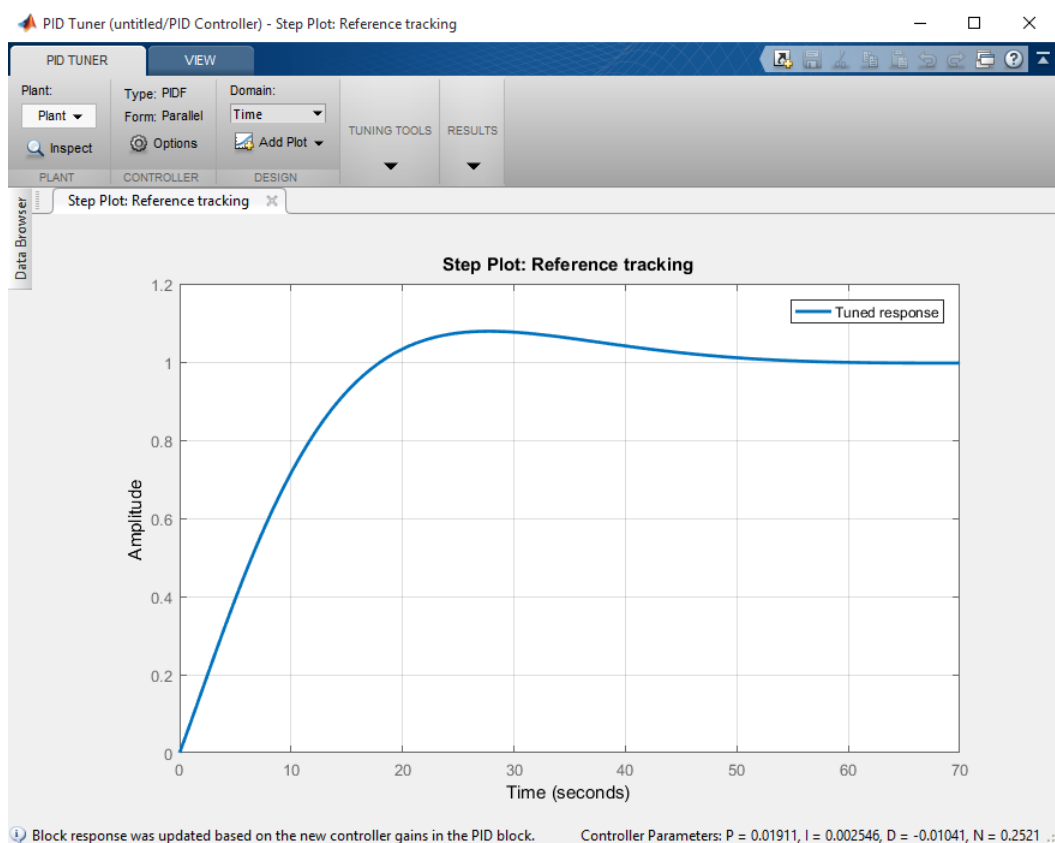


Рисунок 4.12 - Графік перехідного процесу

## 5. Програмування контролера МІК-51

### 5.1. Переваги застосування контролерів в технологічних процесах

Слово «контролер» походить від англійського «control» - управління. Контролером в системах автоматизації називають пристрій, що виконує управління фізичними процесами по записаному в алгоритмі з використанням інформації, отриманої від датчиків і виведеної в виконавчі механізми.

Перші контролери з'явилися на рубежі 60-х і 70-х років в автомобільній промисловості, де використовувались для автоматизації складальних ліній. В той час комп'ютери коштували надзвичайно дорого, тому контролери програмувались апаратно, так як це було дешевше. Але великим недоліком було те, що для переналаштування однієї технологічної лінії на іншу потрібно фактично виготовляти нового контролера і потрібно було вирішувати цю проблему. Тому з'явилися контролери, алгоритм роботи яких, міг бути змінений дещо простіше – за допомогою схеми з'єднань реле. Такі пристрої отримали назву програмовані логічні контролери (ПЛК). Трохи пізніше з'явилися ПЛК, які можна було програмувати на машинно-орієнтованій мові, що було простіше конструктивно, але для цього був потрібен програміст, навіть для внесення незначних змін в алгоритм управління. З цього моменту почалась боротьба за спрощення процесу програмування ПЛК, що призвела до створення мов програмування високого рівня.

У 1972 році на ринку з'явилися потужні і дешеві ПЛК і ринок почав зростати за період з 1978 до 1990 років збільшився з 80 млн. до 1 млрд. доларів і в 2002 році вже становив 1.4 млрд. В наш час ринок ПЛК продовжує зростати тільки вже не такими швидкими темпами.

Програмовані логічні контролери використовуються практично у всіх галузях людської діяльності для автоматизації технологічних процесів, в системах аварійного захисту і сигналізації, в системах охорони, в медичному обладнанні, для збору і архівування даних, в системах зв'язку, для керування космічними кораблями, для автоматизації випробовувань продукції.



Контролери використовуються не тільки як автономні засоби локального управління, но і в складі великомасштабних систем автоматизованого управління цілими підприємствами. На українському ринку переважають пристрої фірм: Siemens, ABB, SchneiderElectric, МІКРОЛ. Широкому поширенню ПЛК в більшій мірі сприяє зростання комп'ютерної грамотності населення.

Обмеження на вартість і велика кількість цілей автоматизації призвели до неможливості створення універсального ПЛК. Галузь автоматизації висуває багато задач, відповідно з якими розвивається і ринок, який включає в себе сотні не схожих один на одного пристроїв, що різняться рядом параметрів. Кожний виробник виготовляє ПЛК різних типів, потужності і вартості для збільшення прибутку за рахунок сегментування ринку.

## 5.2. Класифікація та вибір контролера

Вибір оптимального контролера для потрібної задачі базується в основному на відповідності його функціональних характеристик при умові мінімальної його вартості. Також враховуються другорядні важливі характеристики такі як температурний діапазон, надійність, марка виробника. Не дивлячись на різноманітність контролерів, в їхньому розвитку помітні наступні тенденції:

- зменшення розмірів;
- розширення функціональних можливостей;
- збільшення кількості підтримуваних інтерфейсів і мереж;
- мінімальні ціни на продукцію.

Для класифікації великої кількості промислових контролерів необхідно розглянути їх відмінності. Основний показник ПЛК – кількість каналів введення – виведення, тому вони поділяються на такі групи:

- нано (менше 16 каналів);
- мікро (більше 16, до 100 каналів);
- середні ( до 500 каналів);
- великі (більше 500 каналів).

В залежності від розташування модулів введення-виведення промислових контролерів розрізняють:

- моноблочні, в них пристрій введення-виведення не може бути видалений з контролера чи замінений на інший. Конструкція промислового контролера представляє єдиний цілий корпус;
- модульні – можлива заміна модулів. Конструктивно представляє собою загальний кошик з модулем центрального процесора і змінними модулями введення – виведення. За вибір складу модулів, в залежності від поставлених задач відповідає проектувальник АСУ ТП;
- розподіленні, у них модулі введення – виведення винесені за межі контролера, виготовляються в спеціальних корпусах і з'єднуються з контролерами за допомогою інтерфейсів, наприклад RS-485, а також модулі можуть бути розташовані на значній відстані від самого контролера.

Для багатьох промислових контролерів доступна можливість заміни процесорних плат, що мають різну продуктивність. Завдяки цьому значно розширюється круг можливостей АСУ ТП на базі промислового контролера. По способу кріплення і конструктивному виконанню промислові контролери поділяються на:

- панельні – монтаж здійснюється на дверці шафи або на панелі;
- DIN-рейкові – кріпляться всередині шафи на DIN-рейку;
- безкорпусні – зазвичай застосовуються виробниками обладнання ЕОМ (Original Equipment Manufacturer) в спеціалізованих конструктивах.

В залежності від області можливого застосування промислові контролери поділяють на:

- загальнопромислові універсальні ;
- комунікаційні;
- керування роботами;
- спецпризначення;
- керування переміщенням і позиціонуванням.

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виходячи з наведеної класифікації, варто відмітити, що промислові контролери можуть містити або не містити введення – виведення. Прикладом контролера без модулів введення – виведення є комунікаційний контролер, який призначений для виконання функції міжмережевого шлюзу або приклад контролера, що виконує збір даних з промислових контролерів окремих агрегатів АСУ ТП.

В дипломному проекті ми розглянемо промисловий контролер МІК-51 і його можливості ПІД-регулятора. МІК-51 це компактний малоканальний багатofункціональний мікропроцесорний контролер з великою продуктивністю, має вигляд невеликої коробочки рис.5.1., дозволяє вибрати набір потрібних модулів і блоків згідно числу і виду і виду вхідних-вихідних сигналів. Вбудовані пристрої сигналізації та ідентифікації помилок про вихід сигналів за допустимі границі, порушення обміну інформації через мережу. В контролерах присутня розвинена система обміну інформацією між собою, їх можна поєднати в локальну чи розподілену виконавчу мережу. В мережі вони можуть обмінюватись інформацією з комп'ютером. Саме за використання функції обміну інформацією між приборами значно зменшується інформаційне навантаження на мережу.



Рисунок 5.1 – Промисловий контролер МІК-51

### 5.3. Програмування контролера

Програмування контролера здійснюється за допомогою клавіш передньої панелі або по інтерфейсу спеціального програмного забезпечення – візуального редактора FBD-програм АЛЬФА. FBDреалізований як мова функціональних блокових діаграм FunctionBlockDiagram. Система програмування реалізована у відповідності з вимогами стандарту Міжнародної Елетротехнічної Комісії IEC 1131-3. Редактор FBD-програм має вбудований відлагоджувач програм, систему логічного контролю стану програми, можливості документації програм, друку, представлення таблиці у вигляді таблиці.

Контролер МІК-51 містить бібліотеку функціональних блоків, достатньої для того, щоб вирішувати досить складні автоматичного регулювання і логіко-програмного управління. Бібліотека функціональних блоків поділена на наступні розділи:

- Функціональні блоки введення-виведення: інтерфейсний вхід-вихід, аналоговий вхід-вихід, дискретний вхід-вихід, імпульсний вихід;
- Математичні функціональні блоки: множення, додавання з масштабуванням, ділення, корінь квадратний, абсолютне значення, інтегрування, диференціювання з затримкою;
- Логічні функціональні блоки: логічне «І», «АБО» виключне «АБО», тригер, регістр, виділення фронту;
- Функціональні блоки керування програмою: мінімум, максимум, затримка, екстремум, обмеження, обмеження швидкості, перемикач по номеру, компаратор, таймер, лічильник, мультивібратор, одновібратор, імпульсатор;
- Функціональні блоки керування технологічним процесом: фільтр, масштабування, кусково-лінійна функція, уставка часу, аналогова уставка, програмний задатчик, таймер сигналізатор реального часу, лінійна зміна параметру, аналоговий регулятор, каскадний регулятор, імпульсний регулятор, панель користувача.

- Функціональні блоки дельта-регуляторів: аналогові та імпульсні регулятори з розширеними функціями, дельта-регулятор.

Будемо розглядати функціональний блок PID(60), що представляє собою звичайний аналоговий ПІД-регулятор і може працювати в чотирьох режимах: ручному, локальному, каскадному, при використанні двох таких блоків, і в режимі слідкуючого управління.

Даний контур призначений для побудови контурів ПІД-регулювання з використанням аналогових виконавчих механізмів і має такі додаткові можливості як:

- Формування на виході регулятора безпечного впливу по зовнішній команді;
- 4 режими роботи: ручний, локальний, каскадний, слідкуючий – автоматично слідкує за значенням виходу блока для подальшого переходу в інший режим роботи;
- функцію корекції сигналу неузгодженості регулятора.

Розглянемо параметри функціонального блоку зображеного на рисунку 5.2.

Порядковый номер	1	Модификатор	1	Регулятор аналоговый
Шифр	Значение	Link	Pch	VI ID
nTYPE	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Тип регулятора (0 - ПИД; 1,2 - не исп.)
nQNT_SP	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Количество используемых заданий (1 - внутренняя
nCONV	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0 - y=x; 1 - y=SQRT(x); 2 - y=log(x); 3 - y=e^x; 4 - y=x^2;
dTRK	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Команда установки на выходе регулятора безопасн
nMODE	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Режим работы (0-РУ, 1-ЛУ, 2-КУ)
TI	0:02:00.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Время интегрирования регулятора
TD	0:00:00.0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Время дифференцирования регулятора
KP	0.002	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Коэффициент усиления регулятора
SP	0.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Задание регулятора
SP_EXT	0.000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

☒ Fixed
 ☒ Debug
 ☐ Cycle Prop
 ☐ Cycle Out

Рисунок 5.2 – Вікно налаштування контролера

Таблиця 5.1 – Опис налаштовуваних параметрів

Входи – параметри – виходи				Призначення
No	Позначення	Діапазон значень	Значення за замовчуванням	
Входи				
01	PV	Вещественное		Вхід регулятора
Параметри				
01	nDISP	1 - 9		Номер дисплею
02	nDIR	0 / 1		Напрямок дії регулятора (0-обратный, 1-прямой)
03	nSTR	0 / 1		Структура регулятора (0-паралельний, 1-змішаний)
04	nTYPE	0, 1, 2		Тип регулятора ( 0 – ПИД; 1,2 – не використовуються)
05	SP_Q	1, 2		Кількість використовуваних завдань 1 – внутрішня задана точка; 2 – внутрішня / зовнішня задана точка
06	nCONV	0, 1, 2, 3, 4, 5		y=x y=SQRT(X) y=logX y=eX y=x2 y=1/x
07	dTRK	0 / 1		Команда установки на виході регулятора безпечного значення впливу (параметр 21 TRK_VAL)
08	nMODE	0, 1, 2		Режим роботи (0-ПУ, 1-ЛУ, 2-КУ)
09	TI	Час		Час інтегрування регулятора
10	TD	Час		Час диференціювання регулятора
11	KP	Вещественное		Коефіцієнт підсилення регулятора
12	SP	Вещественное		Завдання регулятору

13	SP_EXTERN	Вещественное		Зовнішнє завдання регулятора
14	OUT	Вещественное		Вихід регулятора 0–100%
15	PV_RANGE	Вещественное		Діапазон зміни регульованого параметра
16	SP_H	Вещественное		Обмеження завдання (верхнє)
17	SP_L	Вещественное		Обмеження завдання (нижнє)
18	SP_RATE	Вещественное		Швидкість зміни завдання, тех. од. / хв.
19	OUT_H	Вещественное		Обмеження виходу регулятора (верхнє)
20	OUT_L	Вещественное		Обмеження виходу регулятора (нижнє)
21	TRK_VAL	Вещественное		Значення безпечного впливу
22	DEV_MAX	Вещественное		Уставки сигналізації відхилення регульованого параметра від заданої точки
23	DEV_MIN	Вещественное		
24	DEV_HYS	Вещественное		Гістерезис сигналізації параметру
25	FF_VAL	Вещественное		Попередження керуючого впливу регулятора
26	FF_GAIN	Вещественное		Коефіцієнт підсилення попередження
27	FF_H	Вещественное		Обмеження попередження (верхнє)
28	FF_L	Вещественное		Обмеження попередження (нижнє)
29	COR_VAL	Вещественное		Вхід ланки корекції регульованого параметра регулятора
30	COR_GAIN	Вещественное		Коефіцієнт підсилення сигналу корекції
31	COR_H	Вещественное		Обмеження сигналу корекції (верхнє)
32	COR_L	Вещественное		Обмеження сигналу корекції (нижнє)
33	FB	Вещественное		Не використовується

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ

Арк.

50

Виходи				
01	dMAN	0 / 1		Стан регулятора (0-авт, 1-руч)
02	dLOC	0 / 1		Використовувана задана точка (0-внеш, 1-внутр.)
03	dMAX	0 / 1		Вихід сигналізації перевищення регульованим параметром уставки DEV_MAX
04	dMIN	0 / 1		Вихід сигналізації перевищення регульованим параметром уставки DEV_MIN
05	dOUT_H	0 / 1		Вихід регулятора обмеження по верхньому значенню
06	dOUT_L	0 / 1		Вихід регулятора обмеження по нижньому значенню
07	OUT	Вещественное		Аналоговий вихід регулятора
08	DELTA	Вещественное		Розузгодження регулятора в % вхідного параметру

З таблиці 5.1 ми бачимо, що МІК-51 має велику кількість параметрів які ми можемо налаштовувати для нормальної роботи системи, але одні з найголовніших це – параметри 09 ТІ, який відповідає за час інтегрування регулятора, 10 ТD – час диференціювання регулятора, 11 Кр – коефіцієнт підсилення, 12 SP – завдання регулятора. В програмному середовищі АЛЬФА контур контролю для холодильника газу буде мати вигляд:



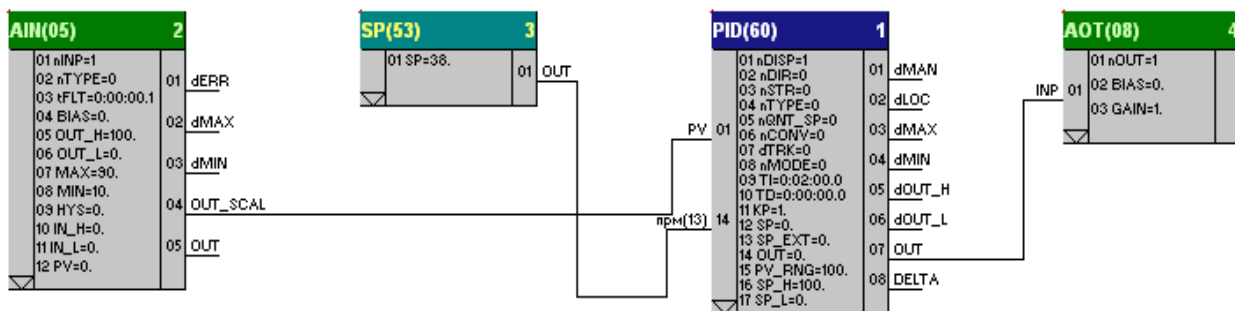


Рисунок 5.3 –Контур контролю для холодильника газу

Зобразимо наш контур більш наочно, він буде мати наступний вигляд:

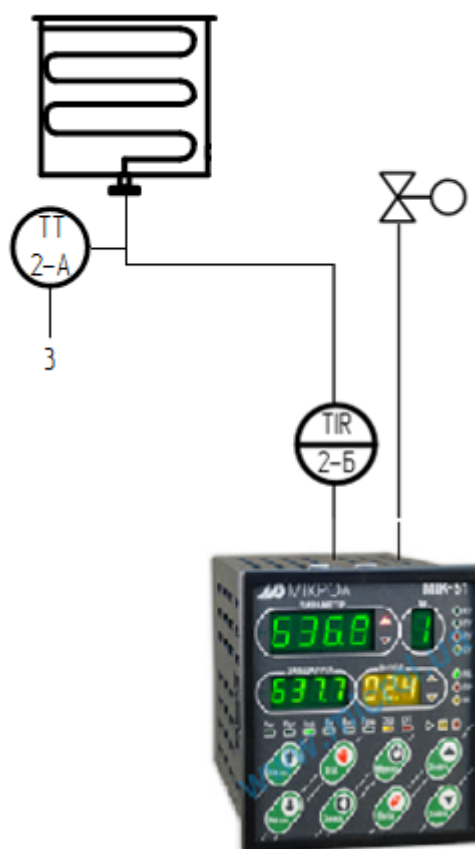


Рисунок 5.4 – Контур керування холодильником

## 6. Охорона праці

Відповідно до закону України «Про охорону праці», підприємство зобов'язане забезпечити усьому персоналу безпечні та нешкідливі умови праці і несе відповідальність за шкоду, заподіяну їх здоров'ю та працездатності. Забезпечення безпеки праці реалізується як при проектуванні технологічних процесів, так і при їх впровадженні.

Для подальшого вдосконалення умов праці необхідно покращити якість контролю виконанням вимог діючих норм стандартів, правил, інструкцій та інших документів з техніки безпеки, що підлягають виконанню в процесі проектування.

Вірно виконані заходи з охорони праці та навколишнього середовища при незначних додаткових затратах на них, в порівнянні з витратами на будівництво всього об'єкту, надійно захищають його, людей, котрі на ньому працюють, а також підвищують експлуатаційні показники при зменшенні шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Відповідно до теми дипломного проекту: «Автоматизація процесу одержання ацетилену».

Технічне завдання дипломного проекту передбачає розрахунок холодильника газу. Контроль параметрів технологічного процесу здійснює оператор, пульт якого знаходиться у виробничому приміщенні площею  $S = 140 \text{ м}^2$  та об'ємом  $V = 1400 \text{ м}^3$ .

Ацетилен вибухонебезпечним. Ця речовина має дезінфікуючі властивості, а також є отрутою для людини, проявляючи канцерогенну, подразнюючу дію.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами при роботі і обслуговуванні обладнання являються:

- 1) виробниче освітлення;
- 2) виробничий шум;
- 3) хімічний склад повітря робочої зони;
- 4) ураження електричним струмом;
- 5) пожежна безпека.

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6.1 Виробниче освітлення

Виробництво, що розглядається потребує зорової уваги. В операторній використовуються лампи денного світла. В приборах використовується підсвітлення шкали.

В цеху використовується змішаний тип освітлення (природне освітлення доповнюється штучним). Проектом передбачене робоче, евакуаційне, аварійне і ремонтне освітлення. Тип джерела світла для системи загального освітлення – лампа ДРЛ-400, напруга мережі 220 В, потік  $\Phi = 3500$  лм, кількістю 8 шт. так як висота цеху більше 10 метрів і доцільно використовувати цей тип лампи. Ступінь захисту лампи для зони П-1-IP5X. Передбачається штучне освітлення у всіх приміщеннях і на всіх площадках установки, нормована освітленість повинна становити: комбінованого освітлення –  $E_{\text{нор1}} = 200$  лк, загального освітлення –  $E_{\text{нор2}} = 150$  лк, фактична становить  $E_{\text{фак}} = 240$  лк, що відповідає вимогам ДБН В 2.5.28 – 2006.

Вибираємо потрібне нормоване освітлення для комбінованого освітлення приміщення цеху. Розглянемо зорову роботу в даному виробництві відповідно до норм штучного та природного освітлення виробничих приміщень. Характеристика зорової роботи – малої точності, так як відбувається періодичне спостереження за ходом технологічного процесу. Вона належить до 5-го розряду зорової роботи. Передбачено бокове природне освітлення. Нормування значень коефіцієнта природної освітленості 0.8%.

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6.2. Виробничий шум

У процесі одержання ацетилену, головними джерелами шуму й вібрації можуть бути вентилятори, електродвигуни вентиляційних установок, відцентрові насоси.

Повітродувки мають віброзахист кожухів, передбачений заводом виробником. Вони, також розміщуються у спеціально відведених їм місцях, обгороджених перегородками. Тому апаратники перебувають на певній відстані від повітродувок, а шум і вібрація з цих установок не приносять шкоди здоров'ю людей.

Основними джерелами шуму є вентилятори і насоси, гучність роботи яких сягає 100 дБА. Відповідно до ДСНЗ.3.6037-99, для налаштувальника, ця гучність не повинна перевищувати 80 дБ, тому приймаються наступні міри для її зниження. Оскільки шум від вентиляційного агрегату поширюється через повітряне середовище, по будівельних конструкціях і через стінки повітропроводів, боротьба з шумом може здійснюватися, методом зниження початкової гучності вентиляційного агрегату і насосів, ізоляцією агрегатів за допомогою віброзахисних елементів. Амортизатори вібрацій виготовляють зі сталевих пружин чи гумових прокладок. Фундаменти під відцентрові насоси ізолюють азбестом, для зменшення вібрації. Застосовують також звукопоглинаючі матеріали, такі як скловолокно, поролон для повітропроводів і облицювання вентиляційних систем.

Як індивідуальні засоби захисту від шуму, використовують легкі вкладки, що вставляються у вуха. Для захисту від вібрації, переданої людині через ноги, використовується взуття на товстій гумовій підшві.

В результаті, відповідно до ДСНЗ.3.6037-99, для апаратника забезпечується гучність 60 дБА.

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 6.3. Хімічний склад повітря робочої зони

Ацетилен, що одержується на виробництві, є шкідливою речовиною для здоров'я людини, тому потрібно вжити певні міри для забезпечення нормального хімічного складу робочої зони.

Гігієнічне нормування шкідливих речовин проводять по гранично допустимих концентраціях (ГДК, мг/м<sup>3</sup>) у відповідності з нормативними документами: для робочих місць визначається гранично допустима концентрація в робочій зоні – ГДК<sub>рз</sub> (ГОСТ 12.1.00588/98). Гігієнічне нормування вимагає, щоб фактична концентрація забруднюючої речовини не перевищувала ГДК (Сфакт ≤ 1). ГДК ацетилену становить 20мг/м<sup>3</sup>

ГДК<sub>рз</sub> – це максимальна концентрація, що при щоденній (крім вихідних днів) роботі у продовження 8 год чи при іншій тривалості, але не більш 41 год у тиждень, протягом усього стажу (25 років) не може викликати захворювань чи відхилень стану здоров'я, що виявляються сучасними методами досліджень у процесі роботи чи у віддалений період життя сучасного і наступних поколінь.

Для очищення робочого середовища від шкідливих речовин що можуть у нього потрапляти а також для подачі свіжого повітря використовується припливно-витяжна вентиляція.

Засоби індивідуального захисту є допоміжною мірою захисту працівників цеху від шкідливої дії професійних факторів. Для захисту дихальних шляхів використовують протигази ИП-4М. Для захисту очей використовуються захисні окуляри.

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

#### 6.4. Ураження електричним струмом

Приміщення хімічної промисловості, за класифікацією ПУЕ (правила установки електрообладнання) відноситься до приміщень з підвищеною небезпечністю ураження людей електричним струмом.

Електричне устаткування на проєктованій установці живиться від 3-х фазної провідної електричної мережі перемінного струму з глухо заземленою нейтраллю напругою 220/380 В і частотою 50 Гц.

Дія на організм людини електричного струму напругою вище 42В (для особливо небезпечних приміщень - 12В) небезпечно для життя.

Основними причинами ураження струмом є:

- поява напруги на відключених струмоведучих частинах, на яких працюють люди, унаслідок помилкового включення установки;
- виникнення крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання проводу на землю;
- поява напруги на металевих конструктивних частинах електроустаткування - корпусах, кожухах і т.д. у результаті ушкодження ізоляції й за інших причин;
- випадковий дотик чи наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин, що знаходиться під напругою.

Відповідальність за своєчасне забезпечення працівників і комплектування електроустановок засобами захисту згідно з нормами комплектування, за організацію належних умов зберігання, створення необхідного запасу, своєчасне проведення періодичних оглядів і випробувань, вилучення непридатних засобів та організацію обліку несе власник цих засобів.

Поява напруги на неструмопровідних частинах електроустановок пов'язана з пошкодженням ізоляції і замиканням на корпус. Основними технічними заходами щодо попередження електротравм при замиканнях на корпус є занулення, захисне відключення. Заземлення в електроустановках — це навмисне з'єднання елементів електроустановки, які не знаходяться під напругою, з глухо заземленою нейтраллю генератора чи трансформатора в мережах трифазно-

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

го струму, з глухо заземленим вводом джерела однофазного струму, з глухо заземленою середньою точкою джерела в мережах постійного струму. Опір ізоляції повинен бути не менше 0,5 МОм.

Електрична апаратура, встановлена всередині робітничих приміщень, повинна мати ступінь захисту  $I_p=51$  (ГОСТ 14254-80).

Ізоляція провідників вимірюється мегаомметром П044Т У25-0.4-1970-80.

Основними заходами від ураження електричним струмом є:

- ізоляція струмопровідних частин пульта керування ( $R \geq 0,5$  Ом);
- електророзділення мережі за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів;
- рубильники включення замкнені в спеціальних шафах;
- при роботі з електроінструментом, потрібно застосовувати індивідуальні захисні засоби, такі як діелектричні рукавички і калоші, гумові килимки, ізольовані підставки;
- блокування безпеки;
- орієнтація в електроустановках;
- малі напруги для переносного інструменту.

Забороняється:

- проводити роботи на незанулених вузлах лінії;
- проводити ремонт лінії без вимкнення електричної мережі;
- залишати лінію, що працює без нагляду;
- допускати до роботи людей, які не пройшли навчання і не були ознайомлені з правилами техніки безпеки на виробництві.

Вимоги до засобів захисту, їх конструкції та обсягів і норм випробувань, порядку застосування і зберігання, комплектування засобами захисту електроустановок та виробничих бригад виконано у відповідності до вимог ДНАОП 1.1.10-1.07-01 "Правила експлуатації електрозахисних засобів". Заземлення установки виконується відповідно до ГОСТ 12.1. 030-81.

Засоби захисту, що використовуються в електроустановці, відповідають вимогам чинних державних стандартів, технічних умов щодо їх конструкції.

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6.5. Пожежна безпека

Так як кінцевий продукт – ацетилен є вогненебезпечним, то дане виробництво відноситься до категорії А (вибухо-пожежонебезпечне). Клас вибухо-небезпечної зони – 2 (відповідно до ПУЕ).

Виходячи з категорії пожежної безпеки виробництва (категорія А) визначаємо потрібну ступінь вогнестійкості будівлі – клас 2.

На основі вибраної ступені вогнестійкості обираємо найменшу допустиму межу вогненебезпечності основних будівельних конструкцій.

Протипожежні перегородки виконуються з матеріалів, що не горять і мають спиратися на фундаменти, встановлюватися на всю висоту цеху. В залежності від категорії пожежної безпеки та ступені вогнестійкості будівлі (А) визначаємо максимально допустиму відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого експлуатаційного виходу для об'єму приміщення  $32400 \text{ м}^3$  – при густині людського потоку в спільному проході до 1 чол/м – найбільш допустима відстань 40 метрів. Кількість евакуаційних виходів – 2. Ширину тамбурів евакуаційних виходів слід приймати більшу, ніж ширина дверних проходів на 0.5(по 0.25м з кожного боку): ширина дверей найменша – 0.8м, найбільша – 2.4м.

Вибираємо тип та кількість первинних засобів пожежогасіння: На 400-500м вуглекислотних вогнегасників – 2 (типу ручних: ОУ-8), пінні, хімічні, повітряно-пінні та рідкісні вогнегасники - 4шт; бочка з водою та відро, ящики з піском, совкові лопати, протипожежні покривала. Також повинні бути передбачені вогнегасник – ОВПУ-250 з установкою в місцях роз положення ємностей та апаратів з ЛЗР, також передбачені щити з протипожежним інвентарем. Вогнегасники та пожежний інвентар мають червоне пофарбування, а бочки з водою та ящики з піском ще й відповідні написи білою фарбою. Пожежний інструмент фарбується в чорний колір. Бочки для зберігання води з метою пожежогасіння встановлюються у виробничому приміщенні. Такі бочки повинні бути укомплектовані пожежним відром місткістю не менше 8л. Ящики з піском місткістю 0,5, 1,0 та 3,0  $\text{м}^3$  та повинні бути укомплектовані совковою

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59



лопатою. Протипожежні покривала, виготовлені з негорючого теплоізоляційного полотна, грубо бавовняної тканини повинні мати не менш як 2х1м та 2х2 м. Передбачена система виявлення пожежі та її гасіння. Система виявлення пожежі забезпечує відключення системи живлення та кондиціювання повітря.

Системи звукової та візуальної сигналізації забезпечують негайне оповіщення основного персоналу. По попередженню вибухів передбачене герметичне устаткування, автоматичні локальні засоби пожежогасіння. Приміщення відділені від цеху незгораючими перегородками з межею вогнестійкості 0.75 годин.

## Висновок

В дипломному проекті була розроблена схема автоматизації процесу одержання ацетилену та передбачена автоматична система керування процесом. Одним з основних технологічних об'єктів було розглянуто холодильник газу, для нього розроблено математичну модель. Також побудовано статичні і динамічні характеристики за каналами керування та збурення.

Після отримання математичної моделі розраховано параметри регулятора. Додатково розроблено схеми: принципова електрична схема дистанційного керування електродвигунів і монтажно-комутаційна до системи дистанційного керування та технологічних блокувань. У розділі програмування мікроконтролера наочно показано як з допомогою програмних засобів налаштувати мікроконтролер МІК-51. В заключному розділі охорони праці проведено аналіз небезпечних факторів, що присутні на виробництві.

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Література

1. Лукінюк М.В. Технологічні вимірювання та прилади : Навч. посіб. для курс. проектування. К.: "ПОЛПАРНАС" , 2002. - 257с: іл.
2. Бабіченко А.К., Тушинський В.І., Михайлов В.С. Промислові засоби автоматизації. Ч. 1. Вимірвальні пристрої / За заг. ред. Бабіченка А.К.: Навч. посібник. - Харків: НТУ "ХПГ", 2001 р. - 470 с.
3. Основные процессы и аппараты химической технологии: Касаткин А.Г. - Москва, 1988. - 832с;
4. Графическое оформление электрических схем по ЕСКД:Справ/Сост.: С. Т. Усатенко, М. В. Терхова; Предисл. и науч. ред. М. С. Хойнацкого. – К.: ЛВК, 2003. – 216 с. ISBN 966-598-133-1.
5. Воронов А.А. Основы теории автоматического управления. Автоматическое регулирование непрерывных линейных систем. – М.: Энергия, 1980. – 312с.
6. Програмовані логічні контролери : Метод. вказівки до викон. практ. для студ. напр. „Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології” / Уклад.: М. В. Коржик. – К. : НТУУ «КПІ», 2012. – 77 с.
7. Симановский А. Ю. Методика настройки регуляторов. Инструкция. – К.: МИКРОЛ, 2004. – 64с.
8. Інформаційний ресурс: ООО МІКРОЛ [www.microl.ua](http://www.microl.ua)
9. Бушмакін Б.В. Синтез системи керування холодильником засобами *ControlSystemToolbox*(АКІТ-2019): матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів (23-24 квітня 2019р., м. Київ)/ Бушмакін Б.В., Ковалюк Д.О. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 35 с.

					ДП ЛА52.03.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

# Специфікація устаткування, виробів та матеріалів

## Додаток 1

Позиція на схемі	Назва параметра	Середовище, місце відбору інформації	Граничне значення параметра	Місце монтажу	Назва, технічна характеристика	Тип, марка моделі	Завод-виробник	Кількість, од.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Устаткування та прилади								
1А 16А 18А 19А 20А 21А	Тиск	Гази крекінгу метану		Трубопровід 28	Вимірювальний тензоперетворювач надлишкового тиску, $P_{\max} = 1$ МПа, температура $5 \dots 50$ °С, матеріал мембрани – сплав 36НХТЮ, $I_{\text{вих}}=0 \dots 5$ мА	«Сапфир-22ДИ», мод.2150	ВО «Геофізприлад», м. Івано-Франківськ	6 од.
		Вода		Трубопровід 1				
		Вода		Трубопровід 1				
		Вода		Трубопровід 1				
		Вода		Трубопровід 1				
		Вода		Трубопровід 1				
1Б				Пульт керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм сигналізації; вхідні сигнали: $0 \dots 50$ мВ, $0 \dots 100$ мВ, $0 \dots 5$ В, $0 \dots 10$ В, $0 \dots 5$ мА, $4 \dots 20$ мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	ДИСК-250ДД	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ	1 од.
16Б 18Б 19Б				Пульт керування	Датчик-реле тиску РД-301, діапазони налаштування: $0,001 \dots 0,01$ МПа (похибка спрацьовування $\pm 0,0006$	РД-301	ЗАТ НВП «Спецэлектрохим-автоматика»,	5 од.

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛА52.03. 00.000

Арк.

20Б 21Б					МПа); 0,02...1 МПа ( $\pm 0,001$ МПа); температура довкілля (-30)...50 °С; відносна вологість $95 \pm 3$ % за температури 35 °С; комутаційний струм – постійний, напругою 27 В, величина – до 150 мА		м. Воронеж	
5А 6А 8А 9А 11А 12А 14А 16А	Витрата	Диметилформамід Гази без домішок Ацетилен Вода Диметилформамід Пара Диметилформамід		Місцевий	Діафрагма камерна, $P_y = 0,6$ МПа, внутрішній діаметр трубопроводів 125 мм	ДКС 0,6-125	ВАТ «Промприлад», м. Івано-Франківськ	8 од.
5Б 6Б 8Б 9Б 11Б 12Б 14Б 16Б				Місцевий	Вихровий витратомір, вимірювані середовища: рідина, газ, пара; $D_y = 25 \dots 200$ мм, абс. тиск вимірюваного середовища до 4 МПа, температура – (-50)...250 °С, граничнодопустима основна похибка для рідини $\pm 1,0$ %, для пари та газу $\pm 1,5$ %; вихідні сигнали: струмовий 4...20 мА; частотно-імпульсний 0...10 кГц; цифровий – на основі HART-протоколу	Метран-390	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ	8 од.

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛА52.03. 00.000

Арк.

5В 6В 8В 9В 11В 12В 14В 16В				Пульт керування	Автоматичний показувальний і реструвальний МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ вторинний прилад {з пристроєм сигналізації} {з вбудованим ПД-регулятором}; вхідні сигнали: 0...10 мВ, 0...100 мВ, 0...1 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, А-1; опору – 50П, 100П ( $W_{100}=1,385; 1,391$ ), 50М, 100М; 0-10 мГн, $\pm 10$ мГн (в комплекті з НП-П10); вихідні сигнали: $I_{вих}=4...20$ мА, $P_{вих}=20...100$ кПа в компл. з ЭП-1324, інтерфейс RS-485	ДИСК-250М	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ	8 од.
5Г 6Г 8Г 9Г 11Г 12Г 14Г 16Г				Пульт керування	Контролер мікропроцесорний компактниймалоканальний багатфункціональний високопродуктивний (дозволяє вести локальне, каскадне, програмне, супервізорне, багатозв’язне регулювання; логічні функціональні блоки формують логічну програму крокового керуванняз аналізом умов виконання кожного кроку, задаванням КОНТРОЛЬНОГО ЧАСУ на кожному кроці й умовним або безумовним переходом програми до заданого кроку; забезпечує цифрову індикацію та сигналізацію). Вхідні сигнали: від ТП з НСХ L, K, S, B, A, J, E від ТО з НСХ 50М, 100М, 50П, 100П, Pt50, Pt100; уніфіковані аналогові сигнали постійного струму 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20мА. Кількість вхо-	МІК-51	ВАТ «Підприємство “МІКРОЛ”», м. Івано-Франківськ	8 од.

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛА52.03. 00.000

Арк.

					дів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входу – 4 (2 універсальні, 2 уніфіковані), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 3; дискретні виходи – 5. Інтерфейс RS-485			
2A	Температура	Гази крекінгу метану	38°C	Трубопровід 28	Термоперетворювач опору платиновий з уніфікованим сигналом, діапазон вимірювання 0...120 °C, $P_{\max} = 50$ МПа, довжина монтажною частини 200...1250 мм, захисна арматура – сталь 12Х18Н10Т, основна похибка 0,7%, вихідний сигнал 4...20 мА.	ТСПУ-0289	НВО «Електротермія», Приладобудівний з-д, м. Луцьк	6 од.
3A								
4A								
7A	Температура	Диметилформамід	--	Трубопровід 29				
10A	Температура	Диметилформамід	87°C	Трубопровід 29				
15A	Температура		35°C	Трубопровід 29				
17A	Температура	Розсіл		Трубопровід 32				
2Б 3Б 4Б 7Б 10Б 15Б 17Б				Пульт керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ вторинний прилад {з пристроєм сигналізації} {з вбудованим ПД-регулятором}; вхідні сигнали: 0...10 мВ, 0...100 мВ, 0...1 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S,	ДИСК-250М	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ	6 од.

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛА52.03. 00.000

Арк.

					А-1; опору – 50П, 100П ( $W_{100}=1,385; 1,391$ ), 50М, 100М; 0-10 мГн, $\pm 10$ мГн (в комплекті з НП-П10); вихідні сигнали: $I_{\text{вих}}=4...20$ мА, $P_{\text{вих}} = 20...100$ кПа в компл. з ЭП-1324, інтерфейс RS-485			
2В 3В 4В 10В 15В 17В				Пульт керування	Контролер мікропроцесорний компактниймалоканалний багатofункціональний високопродуктивний (дозволяє вести локальне, каскадне, програмне, супервізорне, багатозв'язне регулювання; логічні функціональні блоки формують логічну програму крокового керуванняз аналізом умов виконання кожного кроку, задаванням КОНТРОЛЬНОГО ЧАСУ на кожному кроці й умовним або безумовним переходом програми до заданого кроку; забезпечує цифрову індикацію та сигналізацію). Вхідні сигнали: від ТП з НСХ L, K, S, B, A, J, E від ТО з НСХ 50М, 100М, 50П, 100П, Pt50, Pt100; уніфіковані аналогові сигнали постійного струму 0...5 мА, 0...20 мА, 4...20мА. Кількість входів-виходів контролера у базовій моделі: аналогові входу – 4 (2 універсальні, 2 уніфіковані), аналогові виходи – 1; дискретні входи – 3; дискретні виходи – 5. ІнтерфейсRS-485	МК-51	ВАТ «Підприємство “МІКРОЛ”», м. Івано- Франківськ	6 од.
13А	Концентрація	Ацетилен	99,5...99,9%	Трубопровід 17	Газоаналітична система технологічного та екологічного моніторингу;	КГО	ФДУП «Смоленское ПО	1 од.

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛА52.03. 00.000

Арк.



					діапазон вимірювання 0,0001...100 об. д. %, довжина пробовідбірника 200...3500 мм, температура: контрольованого середовища до 1500 °С, довкілля – (-50)...80 °С, вихідні сигнали: аналогові – 0...5 мА або 4...20 мА; дискретні; цифрові – інтерфейс RS-484, RS-232, Ethernet; радіоканал.		“Аналитприбор”», м. Смоленськ	
13Б				Пульт керування	Автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад з пристроєм сигналізації; вхідні сигнали: 0...50 мВ, 0...100 мВ, 0...5 В, 0...10 В, 0...5 мА, 4...20 мА; НСХ перетворювачів: термоелектричних – В, К, L, S, опору – 50П, 100П, 50М, 100М	ДИСК-250ДД	ЗАТ «Промышленная группа „Метран”», м. Челябинськ	1 од.
2Г 3Г 4Г 5Д 6Д 8Д 9Д 10Г 11Д 12Д 14Д 15Г 17Г	--	--	--	Місцевий	Клапан регулюючий електронний, нормально закритий з опозиціонером, вх. сигнал 0...5 мА, 4...20 мА, типу KROHNE	FD 500 4/20	М. Київ, вул. М.Расковой 15 КСКА автоматизація	13
<b>Електроапарати</b>								
HL2 HL5 HL7 HL9 HL11 HL13 HL1				Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна із зеленим індикатором («ПУСК»), $U_{жив} = 220$ В, 50/60 Гц, $d = 27$ мм, сила світла 20 мКд	СКЛ-11-3-2-220	ВАТ «Кашинский завод электроаппаратуры», м. Москва	11 од.

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛА52.03. 00.000

Арк.

5 HL17 HL19 HL21 HL23								
HL3 HL6 HL8 HL10 HL12 HL14 HL16 HL18 HL20 HL22 HL24				Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна із червоним індикатором («СТОП»), $U_{\text{жив}} = 220$ В, 50/60 Гц, $d = 27$ мм, сила світла 20 мКд	СКЛ-11-К-2-220	ВАТ «Кашинский завод электроаппаратуры», м. Москва	11 од.
HL1 HL4				Щит керування	Лампа сигнальна світлодіодна із жовтим індикатором $U_{\text{жив}} = 220$ В, 50/60 Гц, $d = 27$ мм, сила світла 20 мКд	СКЛ-11-Ж-2-220	ВАТ «Кашинский завод электроаппаратуры», м. Москва	2 од.
SB1 SB2 SB3 SB4 SB5 SB6 SB7 SB8 SB9 SB10				Щит керування	Пост управління кнопковий, кількість елементів управління – 2; номінальна напруга ізоляції (за змінного струму частотою 50/60 Гц) 660В, номінальний тепловий струм 10А; температура довкілля від (-40) °С до 40 °С, відносна вологість повітря 98 %, комутаційна зносостійкість 1 000 000 циклів	ПКУ 15-21-131 УЗ	ЗАТ «Променергоавтоматика», м. Київ	10 од.

Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП ЛА52.03. 00.000

Арк.

МП1 МП2 МП3 МП4 МП5				Місцевий	Магнітний пускач безконтактний (на семісторах), не реверсивний, для керування електричними виконавчими механізмами, у приводі яких використано трифазні електродвигуни; температура довкілля (-10)...50 °С, відносна вологість до 80 %; керувальний сигнал $U_{вх} = 24 \pm 6$ В, $U_{жив} = 380$ В, 50/60 Гц, $W_{жив} = 10$ В·А	ПМ-12	ВО «Электроприбор», м. Чебоксари	5 од.
SA1 SA2 SA3 SA4 SA5				Місцевий	Кнопка запобіжного вимикання; номінальна робоча напруга: змінна (частота 50/60 Гц) 660 В, постійна – 440 В, номінальний тепловий струм – 10 А	КМЕ-5111 УЗ	ТОВ «Кам'янець-Подільський електромеханічний завод» м. Кам'янець-Подільський	5 од.

					ДП ЛА52.03. 00.000	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		